

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

EFICIENCIAS OPERATIVAS Y COSTOS UNITARIOS DE TRES MODALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON MOTOBOMBA EN ZONAS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR, DIAGNÓSTICO DE DISEÑO AGRÍCOLA Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA CORPORACIÓN PANTALEÓN CONCEPCIÓN S.A., ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

JUAN LUIS ALVARADO CHIU

GUATEMALA, AGOSTO 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

**EFICIENCIAS OPERATIVAS Y COSTOS UNITARIOS DE TRES MODALIDADES
DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON MOTOBOMBA EN ZONAS
DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR, DIAGNÓSTICO DE DISEÑO
AGRÍCOLA Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA CORPORACIÓN PANTALEÓN
CONCEPCIÓN S.A., ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

JUAN LUIS ALVARADO CHIU

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, agosto 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Msc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr Msc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	P. Forestal. Sindy Benita Simón Mendoza
VOCAL QUINTO	Br. Camilo José Wolford Ramírez
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, agosto 2013

Guatemala, agosto 2013

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente**

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación:

Eficiencias operativas y costos unitarios de tres modalidades del sistema de riego por aspersión con motobomba en zonas de producción de caña de azúcar, diagnóstico de diseño agrícola y servicios prestados en la Corporación Pantaleón Concepción S.A., Escuintla, Guatemala, C.A.

Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Luis Alvarado Chiu', with a large, stylized flourish at the end.

JUAN LUIS ALVARADO CHIU

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios, María auxiliadora y San Juan Bosco

Por estar presentes en mi vida desde mi niñez, guiarme y ser ejemplo a seguir.

Mis padres

Jesús Alvarado y Guisela Chiu, por ser ese hombro de apoyo, el paño de lágrimas en mi vida, aparte de todo ser los mejores amigos y comprenderme en todo momento.

Mis hermanos

Cecilia Alvarado y Jesús Alvarado, por ser hermanos, amigos y confidentes, además de fuente de inspiración y fuerza en mi vida.

Mis abuelos

Que estuvieron presentes en la mayor parte de mi vida y siguen estando ahí.

Mis tíos, tías, primos y primas

En especial a Edgar Santiago, por ser fuente de inspiración y apoyo no solo para mí sino para mi familia.

Alejandra Rosales

Por ser mi mejor amiga, mi novia y el amor de mi vida y por apoyarme en los últimos 9 años de mi vida.

Mis amigos

A todos mis amigos en especial a Gabriela Guzmán, Giovanni Gonzales, Angelita Montejo, Victoria Mansilla, Eduardo Esteban, Roswel Sandoval, Cesar Chávez, Luis Chacón y Ricardo Aguilar.

AGRADECIMIENTOS

A:

La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)

Por ser vital en mi formación como profesional y como persona de bien.

La Facultad de Agronomía de la USAC (FAUSAC)

Por formarme como profesional y apoyarme a ser una persona de bien

Mauricio Rodríguez, Erick Veliz y Miguel Rivera

Por apoyarme al momento de llegar al Ingenio Pantaleón y facilitarme la comprensión y funcionamiento de todos los procedimientos de dicha empresa.

Departamento de diseño agrícola del ingenio Pantaleón

Por apoyarme en el momento de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Mi supervisor y asesor del EPS

Marco Vinicio Fernández y David Juárez, por ayudarme con los requisitos de mi documento de graduación.

Ingenio Pantaleon-Concepcion

Por recibirme y ayudarme a conseguir este logro en mi vida además de apoyarme en mi vida profesional.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

Página

1	DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE DISEÑO AGRÍCOLA DE LA CORPORACIÓN PANTALEÓN- CONCEPCIÓN S.A. SIQUINALA, ESCUINTLA, GUATEMALA, CA.	1
1.1	PRESENTACIÓN.....	2
1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3	OBJETIVOS	3
1.3.1	General.....	3
1.3.2	Específicos	3
1.4	METODOLOGÍA	4
1.4.1	Recolección de la información.....	4
1.4.2	Definición del estudio.....	4
1.4.3	Tiempo y espacio.....	4
1.4.4	Caminamientos.....	4
1.4.5	Revisión de mapas y documentos existentes.....	5
1.4.6	Entrevistas	5
1.4.7	Fase de gabinete:.....	5
1.4.8	Análisis de la información	5
1.4.9	Fase de presentación de los resultados	7
1.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
1.5.1	MARCO REFERENCIAL	7
1.5.2	Estructura organizacional de las actividades.....	10
1.5.3	Cuantificación de información existente	16
1.5.4	Análisis FODA	17
1.5.5	Jerarquización de problemas.....	20
1.6	CONCLUSIONES.....	20
1.7	BIBLIOGRAFÍA	21
2	COMPARACIÓN DE EFICIENCIAS OPERATIVAS Y COSTOS UNITARIOS DE TRES MODALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON MOTOBOMBAS EN ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA CORPORACIÓN PANTALEÓN – CONCEPCIÓN S.A.....	22

Contenido	Página
2.1 INTRODUCCIÓN	23
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	24
2.3 MARCO TEÓRICO.....	25
2.3.1 Marco conceptual	25
2.4 OBJETIVOS	37
2.4.1 General.....	37
2.4.2 Específicos	37
2.5 METODOLOGÍA	38
2.5.1 Diseño de la investigación	38
2.5.2 Técnicas y procedimientos de obtención de datos	39
2.5.3 Tratamiento y manejo de la información	39
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
2.6.1 Comparación Seis cañones vs. Aspersión mini	43
2.6.2 Zona Playa Grande.....	43
2.6.3 Zona Concepción.....	44
2.6.4 Zona El Baúl	45
2.6.5 Zona La Florida.....	46
2.6.6 Resumen general para las zonas evaluadas	47
2.7 CONCLUSIONES.....	53
2.8 RECOMENDACIONES	54
2.9 BIBLIOGRAFÍA	55
2.10 ANEXOS	56
Descripción del tiempo operativo en equipos de aspersión motobomba diesel.	56
3 SERVICIOS REALIZADOS EN LA CORPORACIÓN PANTALEÓN – CONCEPCIÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.....	60
3.1 PRESENTACIÓN	61
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA	62
3.3 OBJETIVOS	62
3.3.1 General.....	62
3.4 SERVICIOS.....	63
3.4.1 REALIZACIÓN DE MUESTREO DE SUELOS CON FINES DE IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	63

Contenido**Página**

3.4.2	APLICACIÓN DE FERTILIZANTES CON GPS (FERTILIZACIÓN VARIABLE) COMO METODOLOGÍA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN	70
3.4.3	APLICACIÓN DE HIDROGEL PARA LA RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO COMO UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN	75

ÍNDICE DE CUADROS**Contenido****Página**

Cuadro 01.	Principales ríos cercanos a la zona de producción del ingenio.	10
Cuadro 02.	Análisis FODA	17
Cuadro 03.	Analisis de la matriz FODA.....	18
Cuadro 04.	Áreas y costo en función del sistema de riego utilizado de la zonacañera guatemalteca	32
Cuadro 05.	Comparativo de los equipos de riego aspersión motobomba diesel deseis y nueve aspersores y mini aspersión	36
Cuadro 06.	Parámetros de evaluación de las modalidades de riego por parte deldepartamento de Calidad y Conformidad Agrícola de la CorporaciónPantaleón – Concepción.	40
Cuadro 07.	Resultados de los equipos de mini aspersión comparados con losequipos de seis cañones en la zona Playa Grande.....	43
Cuadro 08.	Resultados de los equipos de mini aspersión comparados contra losequipos de seis cañones en la zona Concepción.....	44
Cuadro 09.	Resultados de los equipos de mini aspersión comparados con losequipos de seis cañones en la zona El Baúl.	45
Cuadro 10.	Resultados de los equipos de mini aspersión comparados contraequipos de seis cañones en la zona La Florida.....	46
Cuadro 11.	Resultados generales de los equipos de mini aspersión comparadoscon los equipos de seis cañones para la Corporación Pantaleón -Concepción	47

Contenido**Página**

Cuadro 12. Costo unitario real y hectáreas regadas al comparar equipos de miniaspersión y seis cañones	49
Cuadro 13. Resultados de equipos de nueve aspersores comparados con equipos deseis aspersores	50
Cuadro 14. Parámetros comparativos entre equipos de nueve aspersores y seisaspersores.....	50
Cuadro 15. Costo Unitario Real y total de ha regada con los equipos de seiscañones vs nueve cañones	51
Cuadro 16. Hoja de registro para la modalidad de nueve cañones	57
Cuadro 17. Hoja de registro para la modalidad de mini aspersión.	58
Cuadro 18. Hoja de registro para la modalidad de seis cañones	59
Cuadro 19. Etiqueta de identificación de cada muestra compuesta.....	66
Cuadro 20. Finca y área por lote muestreado con fines de fertilidad	68
Cuadro 22. Área con aplicación de fertilización variable con GPS.....	74
Cuadro 21. Área aplicada con hidrogel en la corporación Pantaleón-Concepción	77

ÍNDICE DE FIGURAS**Contenido****Página**

Figura 01. Organigrama de la Proceso de Diseño Agrícola	10
Figura 05. Curva de kc de la caña de azúcar. 2012. departamento de IngenieríaAgrícola sub área de riego y drenaje, Santa Lucia Cotzumalguapa.	30
Figura 06. Etapas de desarrollo del cultivo de caña de azúcar	30
Figura 07. Plano de la finca Las Chuspas, con la ubicación de la beta arenosa y . ..los puntos de cada muestreo	64
Figura 08. Ejemplificación de la toma de submuestras para la obtención de la muestra compuesta	65
Figura 09. Mapa con interpolación de necesidad de potasio (K) en el lote 1301 dela finca La Presa.....	71
Figura 10. Mapa con las curvas de dosis suavizadas	72

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EFICIENCIAS OPERATIVAS Y COSTOS UNITARIOS DE TRES MODALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON MOTOBOMBA EN ZONAS DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR, DIAGNÓSTICO DE DISEÑO AGRÍCOLA Y SERVICIOS PRESTADOS EN LA CORPORACIÓN PANTALEÓN CONCEPCIÓN S.A. ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN GENERAL

La corporación Pantaleón/Concepción es una organización dedicada al procesamiento de caña de azúcar para la producción de azúcar, melaza, alcohol y energía eléctrica. La corporación está conformada por diversos departamentos, uno de estos es Ingeniería Agrícola, que a su vez está conformado por cuatro procesos, Diseño agrícola, Riegos, Preparación y adecuación de tierras y Obra civil agrícola. Las actividades realizadas durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) fueron un aporte para los procesos de Diseño agrícola y Riegos.

La caña de azúcar es uno de los cultivos más tecnificados que existen en el país lo cual se ratifica al confirmar que Guatemala invierte más de diez millones de quetzales en investigación y desarrollo. En los últimos años, los sistemas de producción agrícola de caña de azúcar corre riesgo de obtener pérdidas económicas, por lo cual las estrategias más importantes se encaminan a incrementar la productividad agrícola del cultivo y la disminución de costos. Guatemala se encuentra ubicada a nivel de América Latina y El Caribe como el segundo país mayor exportador de azúcar y como el cuarto país mayor productor de azúcar. A nivel mundial, Guatemala se encuentra como el cuarto país con mayor exportación de azúcar y tercero con mayor producción de azúcar por hectárea.

El proceso de diseño agrícola es el encargado de todo lo necesario para llevar a cabo los procesos de ingeniería en las fincas, como son: siembra de caña de azúcar, altimetría y planimetría, trazo de drenajes, trazo de flujos de cosecha, estructuras de obra civil, etc. Al realizar estas labores se logra dar las condiciones ideales para un mejor desarrollo de la caña de azúcar. A nivel general el proceso de diseño agrícola cobro importancia para la corporación a partir de 2009, a raíz del proyecto de productividad agrícola establecido por la gerencia. Este proyecto tiene una visión de mejorar a corto, mediano y largo plazo cuyo principal objetivo es aumentar la productividad.

La investigación desarrollada durante el EPS permitió comparar las eficiencias operativas (tiempo operativo, gasto de combustible diesel, hectáreas regadas y horas operadas) y costos unitarios de tres modalidades del sistema de riego por aspersión con motobombas (seis cañones, nueve cañones y miniaspersión) en distintas zonas de producción del ingenio.

Al final de la investigación se logró determinar que se tiene un mayor ahorro de combustible diesel con el uso de equipos mini aspersión (0.27 Gal/hr menos) y nueve aspersores (0.59 Gal/hr menos) comparados los dos contra el sistema convencional de seis aspersores tipo cañon. En cuanto a hectáreas regadas por semana la mejor de las modalidades de riego por aspersión motobomba es el sistema de aspersión con nueve aspersores, ya que riega en 4.06 horas una hectárea, comparado contra la mini aspersión (5.43 hr/ha) y los seis cañones (4.95 hr/ha). En lo que al tiempo operativo se refiere, la modalidad de mini aspersión es el que tiene una mayor cantidad de tiempo neto operado (72.26%). Según el costo unitario la mejor modalidad de riego es la de seis cañones accionados por motobomba. Aunque se presume que lo anterior se deba a la falta de cargos y tratos específicos para las modalidades de nueve cañones y mini aspersión, métodos de riego que se están implementando en la corporación.

En lo que corresponde a servicios se logró la implementación de nueva tecnología de agricultura de precisión (AP) para la retención de humedad y aplicación de dosis variables de fertilizante. Se realizaron muestreos de suelo a cada hectárea

de terreno para lograr tener una información de deficiencias de nutrientes más específica y así poder realizar la aplicación de fertilizantes más puntual. La fertilización se realizó con un GPS el cual fue adaptado a un tractor y a la fertilizadora logrando aplicar las cantidades necesarias de cada uno de los nutrientes. Se realizó también la aplicación de Hidrogel (hidrokeeper) en terrenos con vetas arenosas, ya que el área administrada por el Ingenio Pantaleón aproximadamente el 23% del área tiene la presencia de vetas arenosas. El hidrogel es un producto que se aplica al suelo antes de la siembra, cuya función principal es conservar la humedad en el suelo e ir la proporcionando de forma continua y evitar así el stress de las plantas por déficit de humedad.

Se espera que la información que se generó en el EPS sea de vital, para la Corporación Pantaleón/Concepción y las personas involucradas en la producción de caña de azúcar.



1.1 PRESENTACIÓN

La corporación Pantaleón/Concepción es una organización dedicada al procesamiento de caña de azúcar para la producción de azúcar, melaza, alcohol y energía eléctrica. Esta corporación está conformada por diversos departamentos, uno de estos es el de Ingeniería Agrícola, que a su vez está conformado por cuatro procesos, Diseño Agrícola, Riegos, Preparación y adecuación de tierras y Obra civil Agrícola.

Este diagnóstico fue realizado específicamente para el proceso de Diseño agrícola.

Este proceso es el encargado de todo lo necesario para llevar a cabo los procesos de ingeniería en las fincas como son: siembra de caña de azúcar, altimetría y planimetría, trazo de drenajes, trazo de flujos de cosecha, estructuras de obra civil, etc.

A nivel general el Proceso de Diseño agrícola cobro importancia para la corporación a partir de 2009, a raíz del proyecto de productividad agrícola establecido por la gerencia. Este proyecto tiene una visión de mejora a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de aumentar la productividad y ser en 5 años una de las 5 empresas más grandes en el procesamiento de caña de azúcar en Latinoamérica.

Este diagnóstico se realizó en el mes de febrero del año 2011, el primer mes del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en dicha corporación, como un requerimiento del EPS. El objetivo principal de este diagnóstico fue encontrar y demostrar las fortalezas y debilidades que tiene el Proceso de Diseño Agrícola

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Dentro de la Corporación la subárea de Diseño Agrícola es de vital importancia para poder obtener el reconocimiento como la empresa mayor productora de azúcar en Guatemala, ya que esta subárea se encarga de procesos importantes para el buen establecimiento del cultivo en el campo y así proporcionarle las condiciones ideales al cultivo.

Por esta razón se realizó un diagnóstico del proceso de Diseño Agrícola del Ingenio Pantaleón, para determinar la situación actual de este proceso.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Realizar el diagnóstico de la situación actual de la subárea (proceso) de Diseño Agrícola de la Corporación Pantaleón Concepción S.A.

1.3.2 Específicos

1. Describir la estructura organizacional de las actividades que se realizan bajo la supervisión del proceso de Diseño Agrícola.
2. Identificar la ubicación de la información generada por la subárea de Diseño Agrícola sobre las tres regiones que comprende la Corporación Pantaleón Concepción SA.
3. Jerarquizar los problemas encontrados en el proceso de Diseño Agrícola.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Recolección de la información

1.4.2 Definición del estudio

El estudio de diagnóstico fue específico para el proceso de Diseño Agrícola del Ingenio Pantaleón S.A.

1.4.3 Tiempo y espacio

El diagnóstico se realizó durante un tiempo comprendido a partir del mes de Febrero 2011 al mes de Marzo 2011 y la información recaudada y obtenida se analizó y documentó en las oficinas del departamento de Ingeniería Agrícola, en el proceso de Diseño Agrícola dentro del casco del Ingenio Pantaleón S.A.

Observación:

Este procedimiento se realizó desde el primer día del mes de febrero, fecha en la cual se comenzó el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). Con este paso se logró identificar al personal que labora en el proceso de Diseño Agrícola así como también en las visitas a campo se observaron las diferentes labores que realiza esta subárea.

1.4.4 Caminamientos

Durante los caminamientos se logró delimitar la acción del proceso y conocer las actividades que se realizan y sus fines.

1.4.5 Revisión de mapas y documentos existentes

Este paso sirvió para reunir la información existente en el proceso, y fue de vital importancia ya que con esta información de mapas y documentos que se han realizado de las fincas del ingenio Pantaleón se ha podido determinar la información faltante en esta subárea.

1.4.6 Entrevistas

Las entrevistas se realizaron a todos los miembros de la subárea, desde los dibujantes y topógrafos hasta el jefe de la subárea, ya que todos proporcionan diferente información para poder conocer las Fortalezas y Debilidades que se tienen en el proceso de Diseño Agrícola.

1.4.7 Fase de gabinete:

La fase de gabinete se realizó con un supervisor de región del área de diseño agrícola (región centro), para poder obtener manuales, mapas, etc, de las tres regiones en las que se divide el ingenio Pantaleón (Centro, Este y Oeste). Se revisó dicha información obtenida y se logró determinar la información faltante de la subárea de Diseño Agrícola.

1.4.8 Análisis de la información

Para conocer la situación actual del proceso de Diseño Agrícola, se realizó un análisis FODA, el cual fue desarrollado tomando en cuenta y conociendo las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Estas cuatro características se obtuvieron mediante las fases de observación, caminamientos, entrevistas, y la fase de gabinete.

1.4.8.1 Matriz FODA de forma analítica

Posteriormente a esto, se realizó el análisis de la información obtenida, el cual es un concepto muy simple y claro, pero detrás de su simpleza residen conceptos fundamentales de la administración. Dicho análisis tuvo como objetivo, convertir los datos obtenidos del proceso de Diseño Agrícola, en información procesada y lista para así poder recomendar decisiones estratégicas.

La matriz FODA indica las estrategias alternativas conceptualmente distintas; algunas de las estrategias se traslapan o pueden ser llevadas a cabo de manera concurrente y de manera concertada.

Estrategia FO (maxi-maxi)

El objetivo de la estrategia FO (fortalezas vs. oportunidades) es maximizar tanto las fortalezas como las oportunidades.

Estrategia FA (maxi-mini)

La estrategia FA (fortalezas vs. amenazas) se basa en las fortalezas de la subárea que puedan minimizar las amenazas, intentando maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas que se poseen.

Estrategia DO (mini-maxi) Al aplicar la estrategia DO (debilidades vs. oportunidades) se persigue el minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades de la subárea.

Estrategia DA (mini-mini)

La estrategia DA (debilidades vs. amenazas) corre con el objetivo de minimizar las debilidades y amenazas con las que se cuentan en la subárea

1.4.9 Fase de presentación de los resultados

Por medio de una matriz se realizó el análisis de las fortalezas, y como se pueden maximizar y utilizar para reducir las debilidades aprovechando las oportunidades con las que cuenta la subárea estudiada para minimizar las amenazas del medio cañero.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 MARCO REFERENCIAL

1.5.1.1 Ubicación geográfica

A. Localización y vías de acceso

El casco central de la finca Pantaleón, donde se ubica el proceso de diseño Agrícola, se localiza en jurisdicción del municipio de Siquinalá dentro de las coordenadas geográficas: latitud 14°20'04'' Norte y longitud 90°58'31'' Oeste. A una altitud de 460 msnm.

El acceso a la unidad de práctica es por la carretera al Pacífico CA-2 en el kilómetro 86.5 al costado Sur de la cinta asfáltica a cuatro kilómetros del municipio de Siquinalá y dos kilómetros antes del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, estos del departamento de Escuintla.

B. Colindancias

La finca Pantaleón colinda al Norte con la comunidad Morelia, al Sur con la finca El Bálsamo, al Este con el municipio de Siquinalá y al Oeste con el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.

1.5.1.2 Descripción Ecológica

A. Zona de Vida

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala de Holdridge la finca Pantaleón se encuentra ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical cálido (bmh-S (c)), la cual se caracteriza por mantener una precipitación que varía entre 2,000 y 3,500 milímetros, con una temperatura que varía de 15 y 36 grados centígrados siendo los meses más cálidos marzo y abril.

B. Precipitación y temperatura

El clima está caracterizado de la siguiente manera: cálido con temperatura promedio de 24.80 °C y su precipitación pluvial promedio de 3,500 milímetros al año distribuidos de mayo a octubre siendo junio y septiembre los meses más lluviosos.

C. Humedad relativa, evaporación y vientos

La humedad relativa es del 70% y la evaporación a la intemperie es de 4.16 milímetros por día. Los vientos de las mañanas corren en dirección Noreste y por las tardes en una dirección Suroeste.

D. Suelo

El orden predominante en el área de estudio son los molisoles, estos ocupando el 40% de la zona cañera de Guatemala. Los suelos Molisoles son los suelos de los ecosistemas de pastizales. Se caracterizan por poseer un horizonte superficial fértil.

E. Erodabilidad

Es un índice que indica la vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión y que depende de las propiedades intrínsecas de cada suelo. Las fincas de producción de la corporación tienen la mayoría una erosión de moderada a ligera (6).

F. Niveles freáticos

En la corporación Pantaleón – Concepción la mayoría de las fincas tienen el nivel freático de 0.7 a 1 metro de profundidad. Esta característica es una gran ventaja para la corporación ya que el agua se encuentra bastante superficial (6).

G. Hidrología

La precipitación pluvial también está dada en función a los estratos altitudinales, los cuales se mencionan a continuación: Estrato alto (>300 msnm), estrato medio (100 a 299 msnm), estrato bajo (40 a 99 msnm) y estrato litoral (0 a 39 msnm).

El departamento administra sus actividades en los tres estratos. Según encargados de realizar aforos existen 263 fuentes de agua que son utilizados para los diferentes tipos de riego entre ellos se cuentan con canales, riachuelos, zanjones, tomas, salidas de sedimentos, etc. En el cuadro 01 se muestran únicamente los principales ríos.

Cuadro 01. Principales ríos cercanos a la zona de producción del ingenio.

1. El gobernador	14. Agüero	26. Seco
2. Cristobal	15. Naranjo	27. Cabeza de toro
3. Cojolate	16. Michatoya	28. La chorrera
4. Siguacan	17. Achiguat	29. Lagarto
5. Platanares	18. Lempas	30. El tigre
6. Los sietes	19. Pajal	31. Acome
7. Rivera	20. Cenizas	32. Flor de sitio
8. Limones	21. Aceituno	33. Aguerito
9. El juilin	22. Mangales	34. Madre Vieja
10. Graciela	23. Maria linda	35. Obispo
11. Blanco	24. La noria	36. Colorado
12. La parida	25. La mora	37. Helado
13. Tacuaco		

Fuente: Localización de afloros 2007, Disponibilidad de agua subterránea 1,991

1.5.2 Estructura organizacional de las actividades

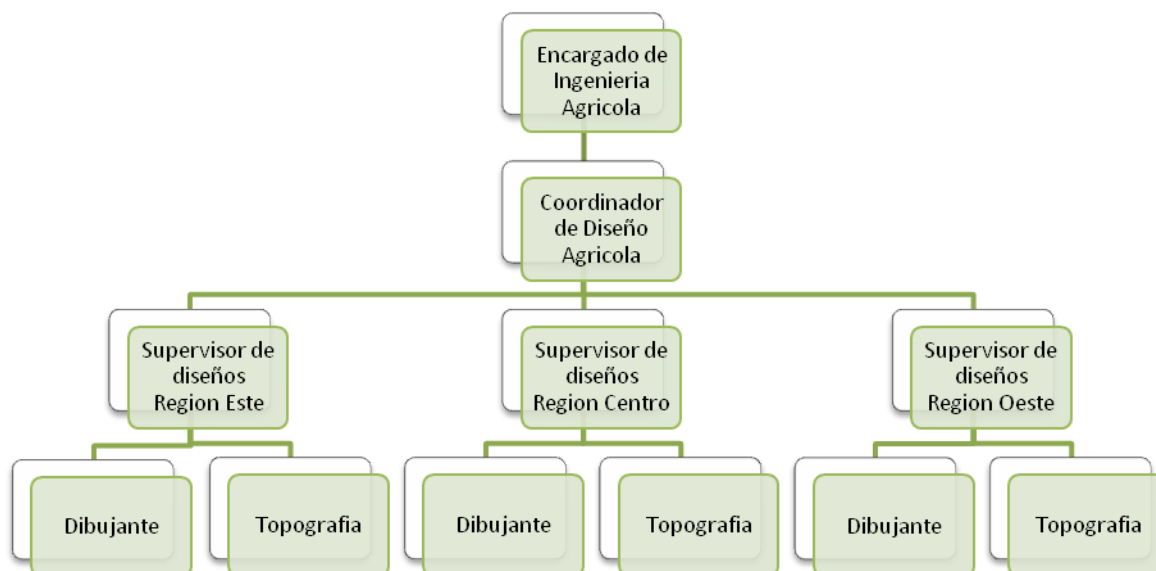


Figura 01. Organigrama de la Proceso de Diseño Agrícola

La subárea de Diseño Agrícola, es considerada un proceso del ingenio. En este proceso se realiza todo lo concerniente a diseños de fincas (altimetría y planimetría, trazo de drenajes, trazo del flujo de cosecha, estructuras de obra civil, etc.) con el software ArcGis.

1.5.2.1 Coordinador de diseño agrícola

El Coordinador del proceso de Diseño Agrícola, es el responsable de distribuir, supervisar y verificar que se realicen los planos de diseño de fincas con puntualidad y de una manera correcta, tomando en cuenta los criterios y la utilización de la simbología que requiere la elaboración de estos.

1.5.2.2 Supervisores de diseño por región

La corporación Pantaleón Concepción está dividida en tres regiones, la región Este, Centro y Oeste. Cada supervisor tiene a su cargo aproximadamente entre 20,000 y 24,000 hectáreas. El supervisor de diseño de cada región es el responsable de realizar el diseño de cada una de las fincas que se encuentran dentro de su región tomando en cuenta los siguientes criterios:

A. Criterios básicos del diseño

Análisis de la caracterización de la finca ó de la microcuenca teniendo en cuenta los siguientes aspectos

a. Definición de microcuenca

Unidad mínima de planificación territorial, que busca el manejo racional de suelos y aguas, en el cultivo de la caña de azúcar en las fincas del grupo Pantaleón.

b. Aspectos relevantes a ser tomados en cuenta en la caracterización

- Topografía (Altimetría , Planimetría)
- Planos con curvas a nivel de 0.25 m en suelos baja pendiente, 0.5 -1.0 m suelos de alta pendiente
- Análisis del perfil del suelo (Calicatas)
- Cantidad y calidad del agua
- Estudio freaticos del área
- Análisis histórico del comportamiento de los ríos y quebradas
- Pluviometría
- Colindancias
- Ubicación de vías de riego y de drenaje natural existentes
- Georeferenciación
- Corredor biológico

c. Estrategia para la toma de decisión del tipo de diseño a elaborar

- Si la pendiente del terreno es menor al 5% se deberá realizar un diseño convencional el cual no incluye estructuras de conservación del suelo.
- A partir del 5% de pendiente en el terreno el diseño debe considerar las siguientes prácticas de conservación del suelo
 - Surcos en curvas a desnivel cuando estas puedan conservar una pendiente hasta de 2.5%
 - Surcos en curvas a nivel cuando estas superen la pendiente del 2.5% complementadas con acequias de ladera
 - Terrazas de conservación cada 5 m de diferencia de altura entre curvas de nivel del suelo
 - Exclusión del diseño a áreas con pendientes mayores al 8 % con relieve irregular

d. Marco legal

Revisión y aplicación de la legislación vigente en cada país respecto a la evacuación de aguas de drenaje agrícola, tala de árboles y aprovechamiento de las fuentes de agua.

e. Sistema de drenaje principal a establecer

- Aprovechamiento de drenajes existentes
- Diseño de la red de drenajes de acuerdo a:
- Tipo de suelo
- Topografía del terreno
- Climatología (pluviometría)
- Análisis de posibles puntos de entrega

f. Vías de Acceso

- Definición de las vías principales, estas deben tener entre (10m – 12m) de ancho total y empalmar a la red de carreteras cañeras del ingenio
- Definición de carreteras secundarias entre (6 m – 7 m) de ancho total que deben servir para conducir la caña a las vías principales
- Definición de carreteras terciarias entre (4 m – 5 m) que sirven para divisiones entre pantes y (3 m – 4 m) para circular los pantes mismos en cercos y zanjones

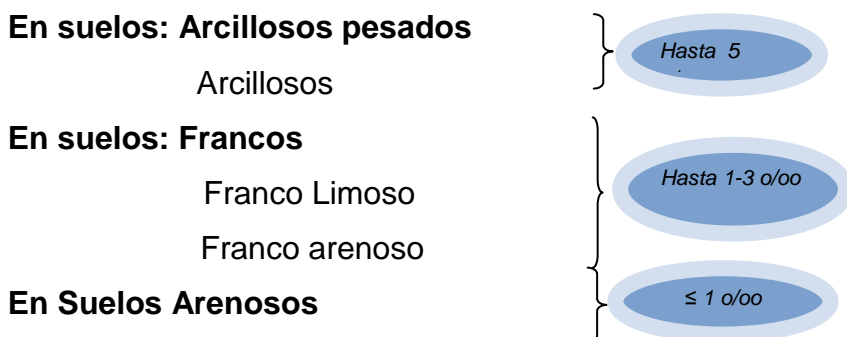
g. Parámetros para delimitación de pantes

- Largo de pantes entre 300 y 800 m según los accidentes del terreno.
- Ancho de pantes preferible de 120 m ó menos en surcos de alta pendiente (Rangos de 3 o/oo a 5 o/oo)

- Ancho de pantes entre 120 y 240 m en surcos de pendientes iguales o menores al 2 o/o o.

h. Dirección de surcos cuando son rectos

Se traza buscando la mejor pendiente posible que permita el desalojo natural del agua lluvia, que facilite las labores de riego y de cosecha sin causar erosión



En el diseño de una finca la dirección de surcos de los lotes vecinos puede estar encontrada transversalmente. Tampoco tiene que ser simétrico el diseño de lotes.

i. Sistema de drenaje superficial

Ubicación de orilleras recibidoras de aguas

Ubicación de acequias transversales

Ubicación de acequias en surcos muertos

j. Control de inundaciones

Análisis de la necesidad de estructuras de defensa contra inundaciones y desborde de ríos (Bordas, Compuertas, Estación de bombeo)

Área de establecimientos de barreras vivas contra vientos fuertes recurrentes (Cuando Aplique)

Reunión para consensuar el diseño, en la cual deben participar Jefe de Diseño, Jefe de Riego, Jefe de Cosecha, Jefe de Preparación de Suelos, Jefe de Zona que corresponda para consensuar sobre los siguientes elementos:

- Red de drenajes principal y parcelario
- Sistema de riego recomendado con su respectivo diseño
- Distribución de áreas (pantes y lotes)
- Dirección de surcos y su pendiente
- Tipo de cosecha recomendado
- Construcción de obras civiles
- Ubicación de rumas y residuos de construcciones rurales
- Obras de conservación de suelos.
- Otros

Una vez el diseño haya sido consensuado y las modificaciones propuestas estén plasmadas en el plano todos los implicados deberán firmarlo en señal de aprobación y respetarlo en su ejecución en el campo.

B. Dibujantes por región

Los dibujantes son los encargados de realizar el dibujo de cada diseño elaborado por el supervisor de cada región, utilizando la simbología establecida dentro de la carta tecnológica.

C. Cuadrillas de Topografía

Las cuadrillas de topografía son las encargadas de plasmar el diseño en el campo indicando claramente con estacas lo siguiente:

- Dirección de Surcos.

- Ubicación de Acequias de Riego y Drenaje.
- Acequias Orilleras, Transversales y Surcos Muertos.
- Localización de Calles.

También son los encargados de realizar las mediciones topográficas de las fincas y así poder obtener los datos de planimetría y altimetría de cada finca. Los aparatos que se utilizan para estas mediciones son: Estaciones centrales, GPS, teodolitos y niveles de precisión.

1.5.3 Cuantificación de información existente

La Corporación Pantaleón – Concepción tiene georeferenciadas todas las fincas que le pertenecen, se realizan puntos de control con un GPS de muy alta tecnología y precisión, y luego se envían a una empresa estadounidense llamada Opus org que es la que los georeferencia y los envía de vuelta ya con las coordenadas UTM.

Se utiliza el software ArcGis, el cual sirve para elaborar los diseños de las fincas. La corporación posee todos los diseños de las fincas con el ArcGis y los tiene localizados en una página de internet (GIS, Diseño Agrícola) esta página se tiene instalada en todas las computadoras del área de ingeniería agrícola y en cada finca, ya que es de vital importancia poder observar desde las oficinas o cascos de fincas todas las zonas de trabajo de la corporación.

También se utiliza el software Google Earth, el cual se utiliza para verificar los linderos de las fincas de la corporación y también para observar las condiciones en que se encuentran los terrenos.

Cabe mencionar que los diseños de cada finca se revisan periódicamente, en general después de cada cosecha que se le practique, ya que pueden ir variando las condiciones de cada finca debido al invierno o al paso de nuevas carreteras internas y sea necesario modificar cualquier diseño de esta, tanto diseño agronómico como de obra civil o de riegos y drenajes.

1.5.4 Análisis FODA

Cuadro 02. Análisis FODA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • El coordinador de la subárea, los supervisores por región, los dibujantes y los topógrafos tienen experiencia en el tema. • Fácil acceso a la subárea y a las fincas de la corporación. • Buena comunicación y trato entre los miembros de la subárea. • Certificación ISO 9001-2000. • Certificación ISCC. • Se cuenta con información confiable y actualizada de todos los factores ambientales. • Se cuenta con aparatos y software actualizados y modernos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con el suficiente transporte de las cuadrillas de topógrafos para las fincas de la corporación. • Pérdida de tiempo en movilización de cuadrillas de topografía y el equipo de estas. • Falta de personal para la elaboración de los dibujos y diseños. • Falta de personal para la realización de medidas topográficas.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Expansión de la corporación Pantaleón-Concepción. • Existe la capacidad y la disponibilidad de obtener nuevas tecnologías. • Investigaciones y estudios enfocados al manejo y rendimiento de la caña de azúcar (<i>Saccharumsp</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños provocados por fenómenos atmosféricos en su mayoría en invierno. • Tardanza al momento de reparaciones y compra de equipo por parte de las personas encargadas de compras.

Cuadro 03. Analisis de la matriz FODA

Factores internos Factores externos	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	<p><u>FO (maxi-maxi)</u></p> <p>Motivar e instar a las buenas relaciones interpersonales en la subárea.</p> <p>Continuar con la incursión de nuevos software y aparatos para utilizar en la subárea.</p> <p>Darle un adecuado mantenimiento a las vías de acceso de las fincas de la corporación.</p>	<p><u>DO (mini-maxi)</u></p> <p>Coordinar el traslado de las cuadrillas de topografía para aprovechar al máximo el tiempo de las mediciones.</p> <p>Establecer estrategias de tiempo para la movilización de las cuadrillas, con la obtención de más vehículos.</p>
Amenazas	<p><u>FA (maxi-mini)</u></p> <p>Capacitar adecuadamente al personal de la subárea para evitar desperfectos en los aparatos de medición y el equipo de computación.</p> <p>Estar pendientes de la información climática y estar atentos ante estos fenómenos naturales.</p>	<p><u>DA (mini-mini)</u></p> <p>Motivar y hacer conciencia de tipo laboral al personal de la subárea para poder obtener los resultados deseados.</p>

1.5.4.1 Estrategias del análisis de forma analítica de la matriz FODA,

Estrategia FO (maxi-maxi)

La capacitación tanto de superiores como subalternos es de importancia en la subárea ya que de esta manera se tendrán nuevos conocimientos y con su implementación se adquiriera competitividad. En una empresa la buena comunicación por parte de las personas que la integran es una de las llaves para poder alcanzar los objetivos y metas trazadas.

Estrategia FA (maxi-mini)

Los fenómenos atmosféricos son la mayor amenaza, para lo cual se debe apoyar con información de estaciones meteorológicas, y se podría pronosticar el momento de que estos se presenten. También el crear responsabilidad al grupo de trabajo en la utilización de cada uno de accesorios de medición podría reducir la perdida y descomposición de los mismos

Estrategia DO (mini-maxi)

La coordinación de todo el personal de diseño agrícola, principalmente para la medición de fincas, lejanas incrementaría la eficiencia de áreas medidas.

Estrategia DA (mini-mini)

El motivar y poder hacer conciencia a los trabajadores tiende a que estos realicen sus actividades de una mejor manera y que se sientan a gusto en las actividades que estos realizan logrando su permanencia en cada una de las áreas. También el realizar constantemente chequeos sobre el buen funcionamiento de los equipos evitaría la pérdida de tiempo al momento que esté presente algún inconveniente.

1.5.5 Jerarquización de problemas

- Traslado y movilización del equipo de topografía y cuadrillas de la misma a las fincas de producción del ingenio Pantaleón.
- Falta de personal para la realización de medidas topográficas en las fincas del ingenio Pantaleón.
- Tardanza en la reparación y compra de equipo necesario para la realización de mediciones topográficas y los diseños de fincas.

1.6 CONCLUSIONES

1. Se logró concretar el organigrama de la subárea de Diseño Agrícola y conocer las actividades que debe de realizar cada una de las personas que conforman esta subárea (figura 01).
2. La información de cada finca de la corporación Pantaleón – Concepción (incluye las tres regiones) se encuentra en los mapas temáticos que se realizan en el software ArcGis y se localizan en la página de internet GIS, Diseño Agrícola.
3. Se logró jerarquizar los tres principales problemas en la subárea de Diseño Agrícola, siendo el primero de estos el traslado y movilización del equipo de topografía y las cuadrillas. El siguiente problema es la falta de personal para la realización de medidas topográficas y el último problema es la tardanza de la reparación y compra de equipo necesario para la realización de las mediciones topográficas.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, H. 2011. Realización y criterios para el diseño de fincas (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción.
2. CENGICAÑA (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). 2007. Informe anual 2006 – 2007. Guatemala. 75 p.
3. Foc, J. 2011. Realización del dibujo en el software ArcGis (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción.
4. Ingenio Pantaleón - Concepción, GT. 2008. Datos climáticos y recursos hídricos del departamento de ingeniería agrícola. Escuintla, Guatemala. 17 p.
5. Mijangos, E. 2011. Toma de datos en campo y uso de equipos de topografía (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción.
6. Pocasangre, R. 2011. Supervisión y verificación del diseño y dibujo de fincas de producción (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción.
7. Rivera, M. 2010. Diagnostico actual del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Corporación Pantaleón – Concepción S.A. Escuintla. EPSA Diagnostico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 36 p.
8. _____. M. 2011a. Mapas temáticos de la página GIS, diseño agrícola (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción.
9. _____. M. 2011b. Realización y criterios para el diseño de fincas (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción.



CAPITULO II

**COMPARACIÓN DE EFICIENCIAS OPERATIVAS Y COSTOS UNITARIOS
DE TRES MODALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN
CON MOTOBOMBAS EN ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA
CORPORACIÓN PANTALEÓN – CONCEPCIÓN S.A.**

2.1 INTRODUCCIÓN

Guatemala se encuentra ubicada a nivel de América Latina y El Caribe como el segundo país con mayor exportación de azúcar y como el cuarto país mayor productor de azúcar. A nivel mundial, Guatemala se encuentra como el tercer país mayor productor de azúcar por hectárea.

En Guatemala La caña de azúcar es uno de los cultivos más tecnificados que existen en el país, razón por la cual Guatemala invierte más de diez millones de quetzales en investigación y desarrollo en este cultivo, logrando con ello implementar nuevas tecnologías utilizando más eficientemente los recursos disponibles (8).

En los últimos años, los sistemas de producción agrícola de caña de azúcar han corrido riesgos de obtener pérdidas económicas, por lo cual las estrategias más importantes se encaminan a incrementar la productividad agrícola del cultivo y la disminución de costos. Las inversiones estratégicas se han concentrado principalmente en el desarrollo e implementación de sistemas de riego más eficientes y económicos, así mismo de utilizar más eficientemente el agua con la finalidad de incorporar más áreas con riego (8).

La corporación Pantaleón – Concepción S.A. posee distintos métodos de riego siendo el más importante el riego por aspersión con cañones accionados por motobombas. Actualmente se están implementando las modalidades de mini aspersión y también se están agregando tres aspersores tipo cañón más a cada motobomba que usualmente tenían 6 aspersores, que se puede considerar la forma testigo de este tipo de riego, con el fin de disminuir en cantidades significativas el gasto de combustible diesel que se tiene y aumentar las eficiencias operativas del método de aspersión con motobomba.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La aplicación del riego durante la época de déficit hídrico se realiza para proveer de agua al cultivo de caña de azúcar, la cual utiliza este recurso para realizar sus procesos fisiológicos. Al no aplicar el agua requerida, la productividad del cultivo disminuye considerablemente, lo cual convierte al riego en una de las labores más importantes en el proceso de producción de caña de azúcar.

En la corporación Pantaleón - Concepción S.A. se tienen distintos tipos de riego en las zonas de producción, los cuales son riego surcos por gravedad, riego por aspersión con motobomba diesel, riego por aspersión gravedad, riego por compuertas y riego mecanizado. El método de riego por aspersión con motobomba diesel es utilizado en el 73% del área bajo riego, lo cual es un indicador de que es el sistema de riego de mayor importancia para la corporación, ya que más de la mitad de sus zonas de producción cuentan con este método de riego.

En los últimos 8 años, el costo del petróleo en dólares ha triplicado su precio por ende, por ser el diesel un derivado de este, el precio del combustible ha tenido un aumento considerable en los últimos 3 años, de costar Q25.00/galón, este ha llegado a Q32.00/galón. Otro factor muy importante en cuanto a la aplicación de riego por aspersión con motobomba diesel es la cantidad de hectáreas regadas por turno y por día de riego; entre mayor sea el área regada por turno se tiene una mayor eficiencia, tanto económica como técnica.

Por tal motivo para; bajar el costo del combustible y aumentar la cantidad de área regada/turno/equipo, se evaluaron tres distintas modalidades de aspersión diesel que son: mini aspersión, nueve aspersores tipo cañón y seis aspersores tipo cañón. Siendo esta última, la modalidad que se está utilizando comúnmente en la corporación.

Todo lo anterior se realizó con la finalidad de conocer cuál de los 3 sistemas de riego es el más económico, que extensión se logra regar con cada uno de los sistemas evaluados y cual representa el mayor tiempo efectivo de operación.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Marco conceptual

2.3.1.1 Descripción general del cultivo de la caña de azúcar

A. Morfología de la caña de azúcar

La planta de caña de azúcar es una planta gramínea conformada por raíces, tallos, hojas y flores, es una planta C4, lo cual la hace muy eficiente en el aprovechamiento de energía para sus procesos fisiológicos (3).

B. Requerimientos climáticos y edáficos

Los factores climáticos afectan las fases de germinación, crecimiento y maduración de la siguiente forma:

a. Temperatura

La temperatura, junto con la humedad, son dos de los factores que más relevancia tiene en la germinación, la temperatura óptima para éste proceso se ubica entre los 27°C y 33°C, y para el crecimiento debe oscilar entre los 20°C y 35°C (24).

En Guatemala la zona cañera ubicada en la planicie costera del océano Pacífico tiene temperaturas promedio anuales alrededor de 25°C, ésta varía en función de la altura sobre el nivel del mar (3).

b. Precipitación

En promedio la caña requiere de 1,200 a 1,500 milímetros anuales, distribuidos de mejor manera durante el período vegetativo. En la zona cañera de Guatemala las precipitaciones oscilan desde los 1,500 hasta los 3,000 milímetros anuales (3).

c. Radiación Solar

La caña de azúcar pertenece al grupo de plantas con sistema fotosintético C4, por lo cual es muy eficiente, dentro de la especie existen variedades más eficientes que otras, las longitudes de onda utilizadas son entre 400 y 700 nm. Es importante que durante todo el ciclo, la planta disponga de buena luminosidad (3).

d. Viento

El viento aumenta la evapotranspiración, reduce el crecimiento, causa la ruptura de tallos inclusive puede arrancar las cepas desde la base, ocasiona que la caña se acame (postración) dificultando las labores de cosecha (3).

e. Requerimientos Edáficos

Es aconsejable que la textura sea franco arcillosa, franco arenosa o limosa, con buena estructura y capacidad de retención de humedad, pero a la vez friable, con un horizonte profundo, sin problemas de drenaje y salinidad, características que deben permanecer al menos en los primeros 50 cm del suelo donde se ubican la mayor cantidad de raíces. El nivel freático debe estar ubicado preferentemente a profundidades mayores de 75 cm, el pH debe oscilar entre 5.5 y 8.0 (3).

C. Manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar

El establecimiento y manejo del cultivo de la caña de azúcar requiere de una serie de labores que va desde la adecuación del terreno, posteriormente se realiza la preparación de suelos para efectuar la siembra, se realizan los programas de fitosanidad, **riego**, regulación de la maduración de la caña y la floración y por último la cosecha (3).

D. Importancia del riego

El desarrollo económico y social de un país depende en gran medida de sus posibilidades para lograr una producción del sector agrícola acorde a sus necesidades de alimento y además tener un excedente para exportar a otros países y servir de base a un desarrollo industrial. A través del incremento de áreas irrigadas, se eleva la producción agrícola teniéndose entonces un mayor volumen disponible para asegurar la alimentación humana, consumo animal, uso industrial, exportación y el aumento del empleo. La utilización adecuada del recurso agua con fines de riego tiene impacto significativo en la economía de un país.

En Guatemala, muchas regiones que tienen una precipitación pluvial anual relativamente alta tienen periodos de sequía en los que no hay ninguna producción agrícola, en la mayoría de estas regiones se obtiene una sola cosecha al año. El hecho de obtener mayor número de cosechas al año con la agricultura bajo riego y que además en cada una de ellas se aumente la producción, hace que contribuyan al bienestar de la población en general, lo cual deberá ser la finalidad de todo sistema de riego (1).

E. Riego en caña de azúcar

El riego tiene como objetivo suplir el agua que la planta requiere cuando no es suministrada de manera natural y así completar de manera satisfactoria su desarrollo. La cantidad debida concuerda con el desarrollo fisiológico del cultivo para tratar de proporcionar la mínima cantidad posible sin provocar efectos negativos en el rendimiento.

La determinación del momento óptimo de aplicación del riego es de suma importancia desde el punto de vista agrícola, industrial y económico (3).

F. Requerimientos hídricos de la caña de azúcar

El uso consuntivo depende del estado de desarrollo en que se encuentre el cultivo, para fines ilustrativos se dividen en cuatro: emergencia de brotes, macollamiento y cierre, elongación y maduración, la duración de cada etapa puede variar en función de condiciones ambientales y de la variedad (3).

a. Emergencia de brotes

Comienza cuando el cultivo ha sido recién sembrado y aún no ocurre emergencia o cuando el retoño no ha emergido, en esta etapa el factor de K_c puede oscilar desde 0.4 hasta 0.6, ésta etapa puede llegar hasta los 85 días después de siembra o corte (3).

b. Macollamiento

En esta etapa inicia la proliferación de tallos, desarrolla una mayor cantidad de follaje y comienza a cerrar, al disponer de mayor área foliar puede interceptar mayor radiación solar, así mismo su crecimiento radicular se incrementa y con ello la capacidad de captar más agua a mayor profundidad, por lo cual la

evapotranspiración aumenta. Estudios en la Isla Mauricio han permitido estimar que la planta evapotranspira el 40% de la evaporación (3).

c. Elongación

El cultivo experimenta un desarrollo vigoroso y completo y por lo general el porte permanece aún erecto.

El incremento del área foliar sigue y la misma está en estrecha relación con la curva evapotranspirativa, los requerimientos de agua son mayores que en las fases anteriores. Un aspecto importante es que si por algún motivo se presentara un estrés de humedad moderado en las fases anteriores, los efectos negativos que podrían ocasionar en el rendimiento final no serían tan severos como en esta fase.

Por lo general el déficit hídrico repercute más en la elongación del tallo que en la extensión de las raíces. Bajo ésta condición la fotosíntesis y, por lo tanto, la acumulación de sacarosa, pueden ocurrir de manera elevada en el tallo (3).

d. Maduración

En esta fase se reduce la evapotranspiración, la pérdida de humedad se ha estimado entre el 70% y 90% de la evaporación, la pérdida de agua favorece la concentración de sacarosa, y así, esto favorece a la extracción de azúcar en el corte, alce y transporte (3).

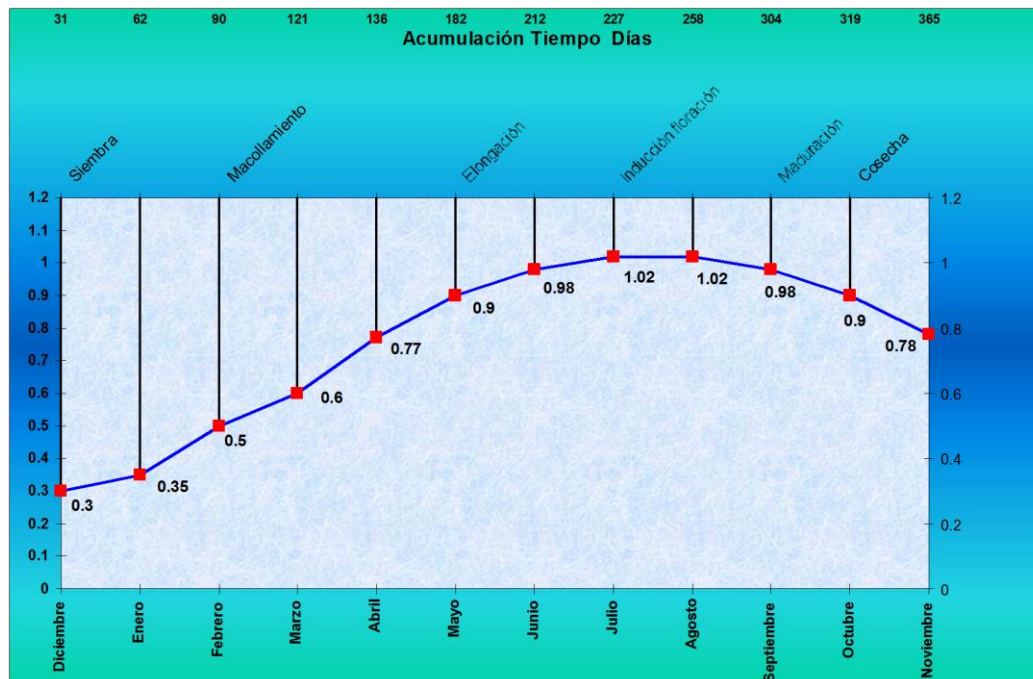


Figura 02. Curva de kc de la caña de azúcar. 2012. departamento de Ingeniería Agrícola sub área de riego y drenaje, Santa Lucia Cotzumalguapa.

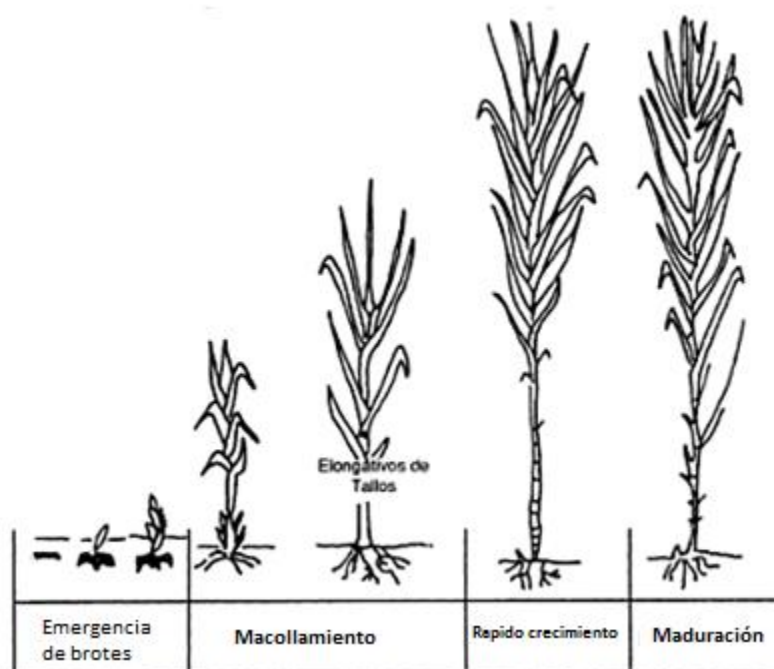


Figura 03. Etapas de desarrollo del cultivo de caña de azúcar

Subiros, R. 1995.

G. Consumo de agua de la caña de azúcar

Varios estudios a nivel mundial indican que el consumo diario de agua de la caña de azúcar oscila entre 4 y 12 milímetros diarios, con valores promedio de 8.5, inclusive se ha llegado a determinar valores elevados de 15.7 mm en Sudáfrica.

En Hawái se determinaron por medio de ensayos de fertilización con N y K que los elementos no tuvieron efecto significativo en la tasa de respiración pero si en el incremento del índice de área foliar y por lo tanto en la transpiración; a valores cercanos o al doble de la evaporación, esto indica que potencialmente se puede aumentar la capacidad productiva de la caña de azúcar mediante un adecuado balance en el suministro de agua, nutrientes y radiación solar (3).

H. Métodos de riego utilizados en caña de azúcar en Guatemala

En la zona cañera de Guatemala, se han establecido diferentes métodos de riego con la finalidad de abastecer de agua al cultivo en la época de estiaje (durante el verano), siendo los más importantes por su área de cobertura: Aspersión móvil con cañones, riego por surcos, goteo y pivotes.

En Guatemala se irrigan alrededor de 80,970 hectáreas de cultivo de caña de azúcar, lo que equivale a un 43.6% del área total. Para regar ésta extensión, anualmente se invierten 11.2 millones de dólares. La aplicación de riego por aspersión representa el 80% del gasto total, seguido por lo que se invierte en riego por gravedad que es un 14% y por último un 6% para regar con sistemas de bombeo gravedad (3).

Cuadro 04. Áreas y costo en función del sistema de riego utilizado de la zona cañera guatemalteca

Sistema de Riego	Área (ha)	% del área con caña de Guatemala	Costo unitario de riego U.S.\$/ha-riego	Costo anual de toda la zona cañera U.S.\$
Gravedad	17,946	9.5	22	1,554,960
Bombeo gravedad	4,946	2.7	40	692,440
Aspersión	58,363	31.4	50	9,046,250

Fuente: SANDOVAL I, J. 2002. Proyecto: Investigación en riego y drenaje. Propuesta al Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Guatemala. 25 p.

I. Sistema de riego por aspersión

El sistema por aspersión consiste en la aplicación de agua a semejanza de la lluvia natural; con la finalidad de evitar escorrentía el agua debe ser aplicada a una intensidad tal que no supere la infiltración mínima o básica del suelo. Además de lo anterior, la disposición de los rociadores debe hacerse de manera que pueda lograrse una buena distribución del agua aplicada (3).

El sistema tiene ciertas ventajas y desventajas, las cuales se describen a continuación (3).

a. Ventajas del sistema por aspersión

- Factibilidad de regar tierras que por sus características topográficas no pueden ser irrigadas con riego por superficie.

- No se requiere de nivelación de tierras.
- Puede prevenirse la escorrentía y consecuentemente la erosión.
- Mayor eficiencia en el uso del agua con relación a métodos de riego por superficie.
- Pueden aprovecharse pequeños caudales de agua.
- Mejor aplicación de fertilizantes.
- Mejor control de la humedad del suelo.
- Posibilidad de trasladar el equipo al dejar de utilizar la tierra.
- Se requiere menor tiempo para la implementación.

b. Desventajas del sistema de riego por aspersión

- El costo de inversión inicial es alto.
- Alto requerimiento de energía.
- Surgen inconvenientes al no disponer de un caudal continuo.
- La movilización del equipo en suelos saturados de agua es problemático.
- La distribución y eficiencia de aplicación se ve afectada por el viento.
- Requiere de mejores características y calidad química del agua, con relación a sistemas de riego por superficie.

J. Sistemas de riego por aspersión móvil

En este tipo de equipos, tanto la línea principal y líneas laterales, así como aspersores y planta de bombeo son portátiles (3).

El diseño de equipos de riego por aspersión totalmente portátiles, se hace con el objetivo de que una vez terminado el riego en la primera posición se cierra el paso del agua y las líneas laterales se desplazan a la segunda posición.

Terminado el riego de todo el terreno, las tuberías así como la planta de bombeo pueden ser desplazadas a otra parcela, repitiéndose el procedimiento hasta regar toda la superficie, de ésta manera se hace un uso eficiente del equipo (3).

Sin embargo, éste equipo tiene las mayores exigencias de mano de obra, deberá diseñarse de tal manera que pueda satisfacer la demanda de agua del período de mayor intensidad en la temporada de riego (3).

K. Unidad de bombeo

El equipo de bombeo proporciona la presión necesaria para poder asperjar el agua en el terreno. Las instalaciones pueden ser fijas o móviles, la elección del tipo de bomba depende de la forma en que se capta el agua (pozo, río, embalse) del caudal y de la presión requerida. La elección del sistema de accionamiento de la bomba, motor eléctrico o combustión interna, depende lógicamente de la disponibilidad de energía eléctrica del lugar. La electricidad tiene las ventajas de menos costo de mantenimiento y equipos más económicos (3).

L. Tubería principal

Sirve para transportar el agua a presión desde el lugar de bombeo hasta la parcela donde cumple la función de alimentar a las líneas laterales. Son tuberías desmontables, generalmente éstas son las de mayor diámetro del sistema. Son comunes materiales de PVC y aluminio. La más difundida en los sistemas de aspersión móvil en caña de azúcar, es de aluminio (3).

M. Tubería lateral

Son generalmente de diámetros menores que las principales, sobre ellas están colocados los elevadores que sostienen a los aspersores, éstas son completamente desmontables (3).

N. Aspersores

El agua bombeada y conducida por los elementos de riego que se han descrito, es lanzada a la atmósfera en forma de gotas por los aspersores. Los aspersores pueden ser fijos o rotativos, los primeros son usados generalmente en jardines y en micro aspersión para árboles frutales y son los más utilizados en la agricultura, existiendo una gran variedad de ellos (3).

O. Especificaciones de las modalidades del sistema de riego por aspersión motobomba diesel

Cuadro 05. Comparativo de los equipos de riego aspersión motobomba diesel de seis y nueve aspersores y mini aspersión

DESCRIPCIÓN	ASPERSION CAÑON 6 ASPERSORES	ASPERSION CAÑON 9 ASPERSORES	MINI ASPERSION
Distanciamiento entre emisores (m)	36.00	36.00	12.00
Distanciamiento entre laterales (m)	45.00	36.00	18.00
Presión operación del aspersor (psi)	35.00	35.00	35.00
Presión operación del sistema (psi)	70.00	60.00	55.00
Marca del Aspersor	NELSON	KOMET	SOMLO
Modelo de aspersor	Twin Komet 101	Twin Komet 101	46C
# Boquilla	0.94	0.73	4.00
Caudal del aspersor (gpm)	150.00	100.00	4.40
Caudal del aspersor (m3/hr)	35.00	22.71	1.00
Número de emisores por lateral	3.00	3.00	20.00
Número total de emisores	6.00	9.00	200.00
Caudal del sistema (gpm)	900.00	900.00	880.60
Caudal del sistema (M3/HR)	210.00	204.41	200.00
Número de laterales	2.00	3.00	10.00
Diámetro de la principal (pulgadas)	6.00	6.00	6.00
Diámetro de laterales (pulgadas)	5.00	5.00	2.00
Área de riego por aspersor (m2)	1,620.00	1,296.00	216.00
Área de riego por lateral (m2)	4,860.00	3,888.00	4,320.00
Área de riego/total de laterales/ turno 12 hrs (m2)	9,720.00	11,664.00	43,200.00
Área de riego/total de laterales/turno 12 hrs (ha)	0.97	1.17	4.32
Numero de cambios por día	6.00	6.00	2.00
Área de riego por día (ha)	5.83	7.00	8.64
Tiempo de riego por turno	2.50	3.00	12.00
Precipitación horaria del aspersor (mm)	21.60	17.52	4.63
Precipitación total del aspersor por turno (mm)	54.01	52.57	55.56
Frecuencia (días)	15.00	15.00	12.00
Lámina de reposición por día (mm)	3.60	3.50	4.63
Área de riego total (ha)	87.48	104.98	103.68
Hp del Motor del sistema $Hp = Q \cdot H / 17 \cdot Ef$	62.00	50.00	55.00
rpm del motor	1,600.00	1,450.00	1,450.00
Coeficientes de Uniformidad %	71.23	73.40	76-82

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, proceso de Riego y Drenaje.

Corporación Pantaleón – Concepción S.A.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

Comparar las eficiencias operativas y los costos unitarios de tres modalidades del sistema de riego por aspersión con motobombas (seis cañones, nueve cañones y miniaspersión) en zonas de producción de la corporación Pantaleón – Concepción S.A. con el fin de reducir costos sin disminuir eficiencias.

2.4.2 Específicos

1. Determinar cuál de las distintas modalidades de riego por aspersión con motobomba evaluadas presenta menor consumo de combustible.
2. Determinar cuál de las distintas modalidades de riego con motobomba evaluadas consume la menor cantidad de horas por cada hectárea de riego.
3. Determinar cuál de las distintas modalidades de riego por aspersión con motobomba evaluadas posee la menor cantidad de tiempos perdidos.
4. Determinar cuál de las distintas modalidades de riego por aspersión con motobomba evaluadas tiene el menor costo unitario.

2.5 METODOLOGÍA

La confiabilidad y exactitud de los datos que se obtuvieron durante el desarrollo de esta comparación fueron fundamentales permitiendo alcanzar los objetivos propuestos.

2.5.1 Diseño de la investigación

A través de la sistematización de experiencias y conocimientos de los operadores de equipo en cada una de las fincas que utilizaron los diferentes sistemas de riego se logro el planteamiento de la investigación.

Llevando a cabo la comparación de tres distintas modalidades de sistema de riego por aspersión con motobomba diesel, los cuales constituyeron los tratamientos:

- Seis cañones Twin Komet 101 accionados por una motobomba de 90 hp marca Perkins.
- Nueve cañones Twin Komet 101 accionados por una motobomba de 90 hp marca Perkins.
- Mini aspersión accionados por una motobomba de 90 hp marca Perkins.

Las comparaciones que se realizaron fueron: seis cañones con motobomba vrs nueve cañones con motobomba y seis cañones con motobomba vrs mini aspersión con motobomba.

La comparación da respuesta a interrogantes relacionadas con el gasto de diesel, de cada uno de los métodos de riego, la cantidad de área regada por turno y el tiempo efectivo de operación. Esta comparación delimitó el diseño de la investigación así mismo la metodología y estrategias para la realización en forma clara y sistemática.

2.5.2 Técnicas y procedimientos de obtención de datos

Para la recolección de la información se utilizaron las siguientes técnicas:

2.5.2.1 Análisis documental

Esta parte se basó en el estudio y análisis de información aportada por la empresa, con el objeto de conocer los factores que intervienen en el proceso de documentación, registro y reportes del sistema.

2.5.2.2 Instrumentos para la recolección de la información

Con el fin de recolectar la información para la comparación de desempeño, el instrumento seleccionado fue un cuadro de registro para cada tipo de riego por aspersión diesel, que fue entregado a los encargados de motobombas de las distintas fincas de la corporación Pantaleón – Concepción (Anexos cuadro 16 y 17). Los datos tomados fueron: presión en la salida del motor, las revoluciones por minuto (RPM) del motor, presión de los aspersores y laterales, número de aspersores funcionando, número de laterales, distancia entre aspersores, hora de inicio de traslado, hora finalización de traslado, horas de riego y área regada.

2.5.3 Tratamiento y manejo de la información

2.5.3.1 Calidad y uniformidad de riego

En la corporación Pantaleón – Concepción existe un departamento que evalúa todas las actividades que se realizan en campo, entre estas la aplicación de herbicidas manual, aplicación de herbicidas con aguilón, fertilizaciones, riegos, etc. Este departamento tiene por nombre Calidad y Conformidad Agrícola.

En lo que concierne al riego, este departamento evalúa todas las características para tener un coeficiente de uniformidad y calidad de riego, cuyas bases de 100 o lo más cercano a este valor, para poder llegar así a tener un riego uniforme y de buena calidad. El departamento toma en cuenta la presión de salida del sistema de riego, la presión de cada aspersor que está funcionando, lamina de reposición por turno y por día, etc. En el cuadro siguiente encontramos los parámetros que evalúa en cada una de las modalidades de riego por aspersión diesel el departamento de Calidad y Conformidad agrícola:

Cuadro 06. Parámetros de evaluación de las modalidades de riego por parte del departamento de Calidad y Conformidad Agrícola de la Corporación Pantaleón – Concepción.

DESCRIPCIÓN	6 cañones	9 cañones	Aspersión mini
Presión de operación del aspersor (psi)	35	35	35
Presión de operación del sistema (psi)	70	50	55
Área de riego por aspersor (m2)	0.16	0.13	0.02
Área de riego/el total de laterales por turno de riego	0.97	1.17	4.32
Numero de cambios por día	6	6	2
Tiempo de riego por cambio	2.5	3	12
Tiempo de operación por día	18.03	18.13	19.78
Precipitación horaria del aspersor (mm)	21.6	17.52	4.63
Precipitación total del aspersor por turno (mm)	54.01	52.57	55.56
Caudal del sistema (gpm)	900	900	880.6
Frecuencia (días)	15	15	12
Lamina de reposición por día (mm)	3.6	3.5	4.63
Área de riego total (ha)	87.48	104.98	103.68
Hp del motor del sistema $H_p = Q \cdot H / 17 \cdot E_f$	62	50	55
Coeficiente de Uniforme %	71.23	73.4	76.82
Horas de operación por día	18.03	18.13	19.78

Si el departamento de calidad y conformidad agrícola encuentra algunos de los parámetros mencionados en el cuadro 6 fuera de lo establecido, coloca una no conformidad o una no conforme lo cual hace que al equipo que se le coloque una de estas descripciones tenga que establecer medidas de corrección inmediatas para que en las próximas evaluaciones estos motores estén adentro de los parámetros requeridos. Las auditorias que se realizan a los equipos de riego por motobomba diesel se realizan de manera aleatoria y sin aviso previo, esto hace que todos los operadores de los equipos y los encargados de riego estén evaluando estos parámetros por cuenta propia y así evitar una no conformidad.

2.5.3.2 Variables a utilizar

En la comparación de eficiencias operativas y costos unitarios reales de los distintos métodos de riego por aspersión motobomba diesel se tomó en cuenta las siguientes características:

A. Tiempo operativo;

El tiempo operativo está dividido en dos, el tiempo de operación neta (TO) y el tiempo perdido (TP).

En la corporación se tienen distintas descripciones de actividades para cada motobomba para poder determinar si estas se encuentran en operación o están apagadas, estas descripciones son;

Equipo operando	Llanta pinchada
Fallas en bomba de succión	Araña o muca en mal estado
Fallas mecánicas en el motor	Paros por servicio
Falta de agua	Paros por bagazo en la fuente
Falta de área para regar	Paros por lluvia
Falta de combustible	Paros por viento
Falta de tractor	Reparación mecánica
Instalación de equipo	Traslado de equipo

De todas estas descripciones la única que se toma como operación neta es la de equipo operando, las demás son tomadas como tiempos perdidos.

Tomando en cuenta estas descripciones se compararon los tiempos perdidos de motobombas con 6 aspersores, motobombas con 9 aspersores y mini aspersión.

B. Gasto de combustible

En lo que al gasto de combustible diesel se refiere, se realizaron análisis de la cantidad de combustible que se usa para regar una hectárea de cultivo de caña y en cuantas horas se realiza el gasto de un galón de este.

C. Hectáreas regadas y las horas de riego

Se tomó en cuenta las hectáreas regadas y las horas de riego, porque se calculó los parámetros de galones diesel/hectárea, galones diesel/hora, horas riego/hectárea entre motobombas que tienen 6 aspersores, 9 aspersores y motobombas con aspersión mini.

D. Costo Real

En lo referente a costos, se tomaron los costos reales que el taller de la corporación le definió a cada motobomba y se dividió entre el número total de hectáreas regadas (unidades reales) para obtener el Costo unitario real, con lo que se concluyó cuál de los tres métodos de riego comparados presento un mayor impacto en la reducción de costos y por ende en el presupuesto de las actividades de riego de la organización.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Comparación Seis cañones vs. Aspersión mini

Como se mencionó en el tratamiento y manejo de la información las variables que se están tomando en cuenta para realizar la comparación de eficiencias operativas son el consumo de combustible diesel utilizado por los equipos de aspersión, las horas que opera, las hectáreas regadas, el costo unitario real de cada método de riego y el tiempo operativo que se dividió en tiempo operado y tiempo perdido. Los nueve equipos de mini aspersión se distribuyeron en 4 zonas de la corporación; zona Playa Grande, zona Concepción, zona El Baúl y zona La Florida.

2.6.2 Zona Playa Grande

En el cuadro 7 se puede observar las variables anteriormente mencionados para los equipos mini aspersión que se encontraban en la zona Playa Grande:

Cuadro 07. Resultados de los equipos de mini aspersión comparados con los equipos de seis cañones en la zona Playa Grande

Número identificación	Comb. diesel	Horas	Ha	Hr/ha	Gal/hr	Gal/ha	TO
563	2,275.00	1,073.00	229.56	4.67	2.12	9.91	87.14
NL3	3,854.10	1,830.00	364.84	5.02	2.11	10.56	78.25
Mini aspersión	6,129.10	2,903.00	594.40	4.88	2.11	10.31	82.70
N55	5,319.00	3,210.00	688.85	4.66	1.66	7.72	57.10
N56	6,492.00	2,928.00	610.01	4.80	2.22	10.64	66.12
N57	3,429.00	2,436.00	388.92	6.26	1.41	8.82	42.73
N58	3,831.00	2,878.00	537.94	5.35	1.33	7.12	52.95
Seis cañones	19,071.00	11,452.00	2,225.72	5.15	1.67	8.57	54.73

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, en la zona Playa Grande, los equipos de mini aspersión tienen un menor consumo de horas de riego por hectárea (hr/ha) que los equipos de 6 cañones en conclusión 16.2 minutos menos de riego por hectárea regada.

En lo concerniente al consumo de combustible diesel, los equipos de mini aspersión tienen un mayor gasto de galones diesel por hora y por hectárea (0.44 gal más por hora y 1.74 gal más por hectárea). En esta zona los equipos de mini aspersión tienen un mayor consumo de combustible que los equipos de 6 cañones, por lo cual hace que este parámetro (consumo combustible diesel) indique una ventaja para los equipos de 6 cañones. En lo que se refiere al tiempo operativo, el tiempo neto operado en los equipos de mini aspersión es mucho mayor que para los equipos de 6 cañones, teniendo una diferencia porcentual de 27.97 más horas operadas por los equipos de mini aspersión.

2.6.3 Zona Concepción

En el cuadro 8 podemos observar los resultados para tres equipos de mini aspersión que se tenían den la zona Concepción.

Cuadro 08. Resultados de los equipos de mini aspersión comparados contra los equipos de seis cañones en la zona Concepción

Número identificación	Comb. diesel	Horas	Ha	Hr/ha	Gal/hr	Gal/ha	TO
GA3	5,151.00	3,299.50	622.06	5.30	1.56	8.28	72.77
N06	5,579.00	3,287.00	589.70	5.57	1.70	9.46	65.65
N24	5,837.00	2,736.00	564.30	4.85	2.13	10.34	77.12
Mini aspersión	16,567.00	9,322.50	1,776.06	5.25	1.78	9.33	71.85
N07	5,479.00	2,484.00	582.72	4.26	2.21	9.40	75.44
N25	8,485.00	3,403.50	770.30	4.42	2.49	11.02	72.07
N26	5,473.00	2,480.00	516.17	4.80	2.21	10.60	67.42
N28	5,439.00	2,468.00	514.78	4.79	2.20	10.57	68.88
Seis cañones	24,876.00	10,835.50	2,383.97	4.55	2.30	10.43	70.95

En lo que refiere a la variable de horas de riego por hectárea de terreno (hr/ha) los equipos de mini aspersión tienen un mayor consumo de tiempo que los equipos de 6 cañones, 42 minutos más de riego por hectárea específicamente.

En lo concerniente a la variable del combustible diesel los equipos de mini aspersión tienen un menor consumo de combustible por hora y por hectárea, puntualmente 0.52 galones por hora más y 1.1 galones más por hectárea de consumo de diesel.

Con respecto a la variable del tiempo operativo se puede observar que los equipos de mini aspersión poseen 0.9% más de tiempo operado que los equipos de 6 cañones. Lo cual nos indica al igual que en la zona Playa Grande que los equipos de mini aspersión son más eficientes, en cuanto a tiempos perdidos, que los equipos de 6 cañones.

2.6.4 Zona El Baúl

En el cuadro 9 se observan los resultados de la comparación de las modalidades de riego por aspersión diesel que tuvo la zona El Baúl, que posee 2 equipos de mini aspersión.

Cuadro 09. Resultados de los equipos de mini aspersión comparados con los equipos de seis cañones en la zona El Baúl.

Número identificación	Comb. diesel	Horas	Hectareas	Hr/ha	Gal/hr	Gal/ha	TO
N30	3,075.00	2,544.00	393.98	6.46	1.21	7.80	60.30
ZFM	3,274.00	2,495.00	435.77	5.73	1.31	7.51	72.83
Mini aspersión	6,349.00	5,039.00	829.75	6.07	1.26	7.65	66.56
GA8	2,961.00	1,452.00	314.70	4.61	2.04	9.41	64.94
N01	4,311.00	2,726.00	407.10	6.70	1.58	10.59	58.22
N09	4,191.00	2,009.00	325.55	6.17	2.09	12.87	59.63
Seis aspersores	11,463.00	6,187.00	1,047.35	5.91	1.85	10.94	60.93

Al realizar la comparación de la primer variable, horas de riego por hectárea de terreno (hr/ha) nos podemos dar cuenta que los equipos de mini aspersión tienen un mayor consumo de horas de riego por hectárea que los equipos de seis cañones (9.6 minutos más por hectárea). En lo que respecta a la variable de combustible diesel, podemos observar que los equipos de mini aspersión tienen un menor consumo de combustible por hora que los equipos de seis cañones y por igual un menor consumo de diesel por hectárea regada, precisamente 0.59 galones más por hora y 3.29 galones más por hectárea.

Dando con respecto a este parámetro una ventaja para los equipos de mini aspersión. Al referirnos a la última variable que es la de tiempo operado, podemos señalar que es similar a las zonas de producción anteriores, una mayor cantidad porcentual de tiempo operado en los equipos de mini aspersión comparándolo contra los equipos de seis cañones, puntualmente un 5.63% más de tiempo operado de los equipos de mini aspersión.

2.6.5 Zona La Florida

Como para las tres zonas anteriores, en el cuadro 7 se pueden observar los resultados que se obtuvieron de la comparación de las modalidades mini aspersión y seis cañones en zona La Florida.

Cuadro 10. Resultados de los equipos de mini aspersión comparados contra equipos de seis cañones en la zona La Florida

Número de identificación	Comb. diesel	Horas	Ha	Hr/ha	Gal/hr	Gal/ha	TO
NS2	3,070.00	2,752.00	498.65	5.52	1.12	6.16	73.33
NS3	3,008.00	2,204.00	392.85	5.61	1.36	7.66	74.91
Mini aspersores	6,078.00	4,956.00	891.50	5.56	1.23	6.82	74.12
NS1	3,454.00	2,434.00	465.29	5.23	1.42	7.42	68.61
NS4	5,950.00	3,622.00	728.10	4.97	1.64	8.17	73.91
NS5	2,639.00	1,998.00	420.15	4.76	1.32	6.28	72.57
Seis aspersores	12,043.00	8,054.00	1,613.54	4.99	1.50	7.46	71.70

Con respecto de la variable de horas por hectárea regada (hr/ha) podemos observar que la modalidad de mini aspersión tiene mayor cantidad de horas por hectárea regada que la modalidad de seis cañones, puntualmente 34.2 minutos más por hectárea que la modalidad de mini aspersión. La variable del consumo de combustible nos indica, que la modalidad de mini aspersión tiene un menor consumo de galones por hora de riego y por ende en galones por hectárea regada (0.27 Gal/hr y 0.64 Gal/ha respectivamente) lo que nos demuestra nuevamente que los equipos de mini aspersión, tienen un menor consumo de combustible que los equipos con seis cañones. En lo que respecta a la variable de tiempo de operación, podemos observar un tiempo neto operado mayor, para los equipos de mini aspersión que los equipos de seis cañones, siendo esta diferencia de 2.42 por ciento más de tiempo operado para la modalidad ya mencionada.

2.6.6 Resumen general para las zonas evaluadas

En el cuadro 11, están plasmados los datos de horas por hectárea regada (hr/ha), galones de diesel por hora de riego (Gal/hr), galones de diesel por hectárea regada (Gal/ha), el porcentaje de tiempo neto operado y porcentaje de tiempo perdido (% TO y % TP) de forma general de las modalidades de mini aspersión y seis cañones, consolidados para poder tener un criterio más amplio sobre esta comparación.

Cuadro 11. Resultados generales de los equipos de mini aspersión comparados con los equipos de seis cañones para la Corporación Pantaleón - Concepción

Tratamientos	hr/ha	Gal/hr	Gal/ha	TO (%)
Minis	5.43	1.58	8.58	72.26
seis cañones	5.02	1.85	9.28	64.49

Estos parámetros nos ayudan a tener una mejor comprensión de las ventajas que puedan tener los equipos de mini aspersión contra los cañones o viceversa.

El parámetro de Horas/hectárea (hr/ha) nos muestra que los equipos de mini aspersión tardan mayor tiempo en horas para regar una hectárea que los equipos de aspersión por cañón, teniendo una diferencia de 24.6 minutos más por hectárea. Esta diferencia se da porque los equipos de mini aspersión tienen un tiempo de riego por turno de 3 horas mientras que los equipos de seis cañones tienen un tiempo de riego por turno de 2 horas y media.

Los equipos de mini aspersión consumen menos galones de combustible diesel por hora (gal/hr) que los equipos de aspersión cañón (0.27 galones menos por hora de riego consecuentemente tienen un consumo menor de combustible por hectáreas (0.7 gal menos por hectárea). Este ahorro de combustible se debe a que las motobombas de mini aspersión trabajan con una menor revolución (RPM). Es aquí donde se puede tener una ventaja importante para los equipos de mini aspersión, pues tienen un gasto de combustible menor, puntualmente 0.7 galones menos que los equipos de aspersión cañón por hectárea regada.

En lo que refiere a tiempo de operación, los equipos de mini aspersión tienen un 72.26% de tiempo neto operado (equipo operado) por lo tanto el 27.74% es de tiempo perdido, este porcentaje puede ser por cualquiera de las descripciones que se presentaron en la metodología pero es importante mencionar que la mayoría de los tiempos perdidos es por traslado y instalación de equipos. Por el contrario los equipos de aspersión cañón tienen un 64.49% de tiempo neto operado y por ende un 35.51% de tiempo perdido.

Aquí se encuentra otra ventaja para los equipos de mini aspersión sobre los de cañón, ya que posee un mayor valor porcentual de tiempo neto operado.

2.6.6.1 Resumen general sobre costos de operación de Mini aspersión vs Seis cañones

En el cuadro 12, se presentan los datos del costo unitario real, que se obtiene de la división del costo total dentro del total de hectáreas que se riegan.

Cuadro 12. Costo unitario real y hectáreas regadas al comparar equipos de mini aspersión y seis cañones

Tratamientos	Ha Regadas	Costo	Costo Unitario Real
Cañones	116,190.34	9,866,060.60	84.91
Minis	4,091.73	360,014.40	87.99

En lo que refiere a este parámetro, queda demostrado que los equipos de aspersión cañón tienen un menor costo unitario real que los equipos de aspersión mini, puntualmente una diferencia de 3.08 dólares por hectárea. Con este parámetro se puede definir que los equipos de mini aspersión tienen una desventaja comparado con los equipos de aspersión cañón.

La razón por la cual los equipos de mini aspersión presentan un mayor costo unitario real comparado con los equipos de seis cañones, se debe a que a ser el primer período de zafra en el que fueron implementados así mismo la forma de pago fue a base de cargos, entre más hectáreas regó un equipo más fue el pago que recibió el operador.

Para poder concluir en base a este parámetro (costo unitario real) se tendrían que crear cargos específicos para equipos de mini aspersión y también tratos de pago de los operadores de mini aspersión por parte de la empresa, lo cual está en proceso para poder tener valores reales de este parámetro en la zafra 2011 -2012, pues como se observa los equipos de mini aspersión reducen el consumo de combustible diesel por hora y por hectárea significativamente.

2.6.6.2 Comparación nueve cañones vs seis cañones

Al igual que para la comparación de los equipos de mini aspersión contra seis cañones, para la comparación de nueve aspersores contra seis aspersores se tomaron en cuenta las variables: consumo de combustible diesel utilizado por los equipos, las horas que opera, las hectáreas regadas y el tiempo operativo que se divide en tiempo operado y tiempo perdido.

A. Comparación de eficiencias de operación de seis aspersores vs nueve aspersores

En el cuadro 13, se encuentran los datos totales de los galones de combustible diesel utilizados por cada modalidad de riego comparada, las horas y hectáreas que regaron estas dos modalidades y los tiempos operados (TO) y tiempos perdidos (TP).

Cuadro 13. Resultados de equipos de nueve aspersores comparados con equipos de seis aspersores

Tratamientos	Combustible diesel (gal)	Horas	Hectáreas	TO (%)
Nueve aspersores	4,395.00	2,712.00	668.20	71.31
Seis aspersores	24,184.50	10,944.00	2,244.70	70.88

Para poder comparar estos dos sistemas de riego al igual que para la comparación de mini aspersión se realizaron los siguientes parámetros:

Cuadro 14. Parámetros comparativos entre equipos de nueve aspersores y seis aspersores

Tratamientos	Hrs/ha	Gal/hr	Gal/ha	TO (%)
Nueve aspersores	4.06	1.62	6.58	71.31
Seis aspersores	4.88	2.21	10.77	70.88

Al momento de comparar el parámetro de horas por hectáreas (Hr/ha) se observa que los equipos de nueve aspersores consumen menos horas en regar una hectárea que los de seis aspersores con una diferencia de 49.2 minutos por hectárea. En lo que respecta a galones diesel por hora de operación (Gal/hr) también los equipos de nueve aspersores tienen una ventaja sobre los equipos de seis aspersores, teniendo una diferencia de 0.59 galones de combustible diesel menos por hora que los equipos de seis aspersores, y por ende se tiene una diferencia de 4.19 galones por hectárea menos en lo que respecta al consumo de combustible por hectárea.

Los equipos de nueve aspersores, trabajan a menos revoluciones por minuto al igual que en los equipos de mini aspersión y por esta razón es que se tiene este ahorro importante de combustible. El tiempo de operación, presentó una diferencia porcentual estrecha de 0.43, sin embargo es considerada significativa a nivel de la corporación, ya que disminuye el tiempo perdido por cada motobomba por cualquiera que sea el motivo de paro de trabajo de los motores.

B. Resumen general sobre costos de operación de seis cañones vs nueve cañones

En lo que respecta a la variable de costo unitario real, en el cuadro 15 se pueden observar los resultados de esta variable para comparar las modalidades de nueve cañones por motor y seis cañones por motor.

Cuadro 15. Costo Unitario Real y total de ha regada con los equipos de seis cañones vs nueve cañones

Tratamientos	Hectáreas	Costo	Costo Unitario Real
Seis Aspersores	119,442.83	10,166,690.66	85.12
Nueve Aspersores	668.20	59,329.44	88.79

En lo que respecta al costo unitario real de estos sistemas de riego, se puede observar que el sistema de aspersión con seis aspersores tipo cañón tiene un costo más bajo por hectárea que el sistema de 9 aspersores (Q. 3.67)

Pero al igual que para los equipos de mini aspersión, en la corporación se tendrían que crear nuevos cargos y nuevos tratos de pagos para los operadores de los equipos de nueve aspersores, y así poder obtener un dato real de los costos por unidad de área, porque no es lógico que si se tiene un gran ahorro de combustible con el uso de nueve aspersores por equipo este sistema sea 3.67 dólares por hectárea más caro que los equipos con seis aspersores. En la corporación se está trabajando en la creación de nuevos cargos y tratos para así poder tener datos infalibles en la siguiente zafra (2011-2012).

2.7 CONCLUSIONES

1. Al finalizar la comparación de las modalidades de riego por aspersión motobomba diesel, se logró determinar que se tiene un mayor ahorro de combustible diesel con el uso de equipos mini aspersión (0.27 Gal/hr menos) y con ello el de nueve aspersores (0.59 Gal/hr menos) al comparar los dos contra el sistema convencional de seis aspersores tipo cañon.
2. La mejor de las modalidades de riego por aspersión motobomba diesel, en cuanto a hectáreas regadas por semana, es el sistema de aspersión con nueve aspersores, ya que riega en 4.06 horas una hectárea, comparado contra la mini aspersión (5.43 hr/ha) y los seis cañones (4.95 hr/ha).
3. En lo que al tiempo de operación se refiere, la modalidad de mini aspersión es el que tiene una mayor cantidad de tiempo neto operado (72.26%) por lo tanto posee un tiempo perdido menor que los demás sistemas de riego evaluados.
4. La variable de costo unitario real es una variable que al final de la comparación de las distintas modalidades de riego nos permite concluir, que la mejor modalidad de riego es la de seis cañones accionados por motobomba. Aunque se presume que sea por la falta de cargos y tratos específicos para las modalidades de nueve aspersores cañon y mini aspersión.

2.8 RECOMENDACIONES

Es de vital importancia la creación de los nuevos cargos y tratos para el pago de los operadores de los equipos de riego que se están implementando (mini aspersión y nueve cañones) ya que sin estos nuevos cargos y tratos no se podrá llegar a demostrar que los métodos de riego mini aspersión y nueve cañones por motobomba son más económicos que el uso de seis aspersores cañón por motobomba que es el sistema tradicional que se tiene en la mayoría de zonas de producción de la corporación.

Seguir con la investigación de nuevos sistemas de riego, con los cuales se pueda tener una mayor eficiencia en la distribución del recurso agua y tener un ahorro significativo en el presupuesto general de la corporación.

Usar en las primeras etapas del cultivo el sistema de mini aspersión, ya que es un sistema que disminuye en cantidades significativas los tiempos perdidos y el consumo de combustible y ya cuando el cañal este de una altura de 1.5 metros usar los sistemas de aspersores tipo cañón, preferiblemente el sistema de nueve cañones.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Barneond, J. 2009. Evaluación técnico-económica de dos sistemas de riego aspersión en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el Ingenio Magdalena, S.A., La Democracia, Escuintla. *Tikalia* 28(1):51-60.
2. Barrillas, L. 2011. Manejo de la información de cuadros de control (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción, Ingeniería Agrícola.
3. Esquit, V. 2004. Análisis técnico-económico de un sistema de riego por pivote central y un modulo de riego por aspersión móvil en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el Ingenio La Unión S.A., Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p.
4. Fuentes, M. 2007. Análisis comparativo de los costos de operación de los equipos de riego mecanizado (pivotes), en la corporación Pantaleón - Concepción S.A., Siquinalá Escuintla. EPISA Investigación inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 67 p.
5. Juárez, D *et al.* 1998. Requerimientos de riego de la caña de azúcar en la Costa Sur de Guatemala estudio exploratorio. Escuintla, Guatemala, CENGICANA. 63 p. (Documento Técnico no. 15).
6. Rivera, M. 2008. Estudio exploratorio de niveles freáticos con fines de drenaje subsuperficial en las distintas zonas de producción de la corporación Pantaleón - Concepción S.A., Siquinalá, Escuintla. EPISA investigación inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 52 p.
7. Sandoval I, J. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC. 345 p.
8. Sandoval I, J. 2002. Proyecto: investigación en riego y drenaje; propuesta al Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Guatemala, CENGICANA. 25 p.
9. Veliz, E. 2011a. Descripción de la investigación (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción, Ingeniería Agrícola.
10. Veliz, E. 2011b. Elaboración y manejo de cuadros de control (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción, Ingeniería Agrícola.
11. Veliz, E. 2011c. Resultados y discusión (entrevista). Siquinalá, Escuintla, Guatemala, Corporación Pantaleón – Concepción, Ingeniería Agrícola.

2.10 ANEXOS

Descripción del tiempo operativo en equipos de aspersión motobomba diesel

El tiempo operativo está dividido en dos, el tiempo de operación neta y el tiempo perdido. En la corporación se tienen distintas descripciones de actividades para cada motobomba para poder determinar si estas se encuentran en operación o están sin funcionar, estas descripciones son:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| • Equipo operando. | • Llanta pinchada. |
| • Fallas en bomba de succión. | • Araña o <u>muca</u> en mal estado. |
| • Fallas mecánicas en el motor. | • Paros por servicio. |
| • Falta de agua. | • Paros por bagazo en la fuente. |
| • Falta de área para regar. | • Paros por lluvia. |
| • Falta de combustible. | • Paros por viento. |
| • Falta de tractor. | • Reparación mecánica. |
| • Instalación de equipo. | • Traslado de equipo. |

De todas estas descripciones la única que se toma como tiempo de operación neta es la de equipo operando, las demás son tomadas como tiempos perdidos.

Cuadro 16. Hoja de registro para la modalidad de nueve cañones

Aspectos a Evaluar	Unidad de medida	Lun	Mar	Miér	Jue	Vier	Sáb	Dom
Fulleo	Galones							
Fecha de fulleo	día/mes/año							
Presión salida Motobomba	psi							
RPM Motor	RPM							
Presión del Aspersor								
Presión del 1er Aspersor.	psi							
Presión del 2do Aspersor.	psi							
Presión del 3er Aspersor.	psi							
Presión del 4to Aspersor.	psi							
Presión del 5to Aspersor.	psi							
Presión del 6to Aspersor.	psi							
Presión del 7mo Aspersor.	psi							
Presión del 8vo Aspersor.	psi							
Presión del 9no Aspersor.	psi							
Aspersores								
No. total de aspersores funcionando	unidades							
No. de laterales	unidades							
No. aspersores por lateral	unidades							
Distan entre aspersor	m							
Traslados								
Hora de inicio de traslado	Hora/minutos							
Hora finalización de traslado	Hora/minutos							
Traslados								
Finca								
Lote								
Hora	Hora/minutos							
Fecha	día/mes/año							
Numero de personal que participo en el traslado	Personas							
Horas por riego	Hora/minutos							
Área regada	Ha							

Cuadro 17. Hoja de registro para la modalidad de mini aspersión.

Aspectos a evaluar	Unidad de medida	Sab	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie
Presión salida motobomba	psi							
RPM Motor	rpm							
Presión de aspersores								
Presión del primer aspersor del primer Lateral	psi							
Presión del ultimo aspersor del primer Lateral	psi							
Presión del primer aspersor del último Lateral	psi							
Presión del ultimo aspersor del último Lateral	psi							
Aspersores								
No. total de aspersores funcionando	Unidades							
10 Laterales funcionando	Unidades							
20 aspersores por lateral	Unidades							
Traslado de turno								
Hora de inicio de traslado	Hora/minutos							
Hora de finalización de traslado	Hora/minutos							
Traslado de Lote								
Hora	Hora/minutos							
Fecha	Día/Mes/año							
Numero de personal que participo en el turno	Personas							
Horas por riego	Hora/minutos							
Horas perdidas de riego	Hora/minutos							
Área regada	Ha							

Cuadro 18. Hoja de registro para la modalidad de seis cañones

Aspectos a Evaluar	Unidad de medida	Lun	Mar	Miér	Jue	Vier	Sáb	Dom
fulleo	Galones							
Fecha de fulleo	día/mes/año							
Presión salida Motobomba	psi							
RPM Motor	RPM							
Presión del Aspersor								
Presión del 1er Aspersor.	psi							
Presión del 2do Aspersor.	psi							
Presión del 3er Aspersor.	psi							
Presión del 4to Aspersor.	psi							
Presión del 5to Aspersor.	psi							
Presión del 6to Aspersor.	psi							
Aspersores								
No. total de aspersores funcionando	unidades							
No. de laterales	unidades							
No. aspersores por lateral	unidades							
Distan entre aspersor	m							
Traslados								
Hora de inicio de traslado	Hora/minutos							
Hora finalización de traslado	Hora/minutos							
Traslados								
Finca								
lote								
Hora	Hora/minutos							
Fecha	día/mes/año							
Número de personal que participo en el traslado	Personas							
Horas por riego	Hora/minutos							
Área regada	Ha							



CAPITULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA CORPORACIÓN PANTALEÓN –
CONCEPCIÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.**

3.1 PRESENTACIÓN

La corporación Pantaleón – Concepción S.A. es una organización dedicada al procesamiento de caña de azúcar para la producción de azúcar, melaza, alcohol y energía eléctrica, siendo la mayor productora de azúcar de Guatemala. En la zafra 2010 – 2011, de acuerdo con datos reportados se cosecharon 4,096,495.81 Tm de caña; en la zafra 2011 – 2012 se tuvo una producción de 4,985,114.95 Tm de caña, remarcándose un incremento en la productividad de una zafra a otra.

La corporación está en una fase de implementación de prácticas de agricultura de precisión (AP). Reconociendo la AP como aquel tipo de agricultura que incrementa el número de decisiones correctas por unidad de área de suelo y de tiempo con beneficios netos asociados.

La AP o también llamada Manejo del Sitio Específico (MSE) abarcan un grupo de tecnología que permite el manejo automatizado del sitio específico, entre ellas se encuentran los sistemas de posicionamiento por satélite (GPS), la percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG), entre otros. Al implementarse este tipo de tecnologías en el cultivo de caña de azúcar se puede llegar a optimizar el manejo agrotécnico del cultivo, por lo que los servicios presentados en este informe pretenden sistematizar información e implementar metodologías de producción más dirigida, para poner en práctica tecnologías de precisión.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

El presente estudio consiste en la implementación de AP para la retención de humedad y aplicación de dosis variables de fertilizante, llevada a cabo en distintas fincas de producción de la región centro de la corporación Pantaleón– Concepción S.A. llevados a cabo en los meses de febrero a mayo del año 2011 como parte del trabajo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

El área de influencia de los tres servicios que se presentan a continuación fue la Corporación Pantaleón Concepción de la cual se asignaron 975 hectáreas de terreno arenoso que se reparten en 11 distintas fincas de la región centro: Las Chuspas, El Para, Anaite, La Cuchilla, La Nueva Providencia, Limones, El Portal, La Presa, La Agrícola, Bonampak y Churubusco.

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 General

Sistematizar el proceso de uso de agricultura de precisión en la Corporación Pantaleón – Concepción, S.A., Escuintla.

3.4 SERVICIOS

3.4.1 REALIZACIÓN DE MUESTREO DE SUELOS CON FINES DE IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

3.4.1.1 Definición del problema

El cultivo de caña de azúcar como cualquier otro cultivo necesita de nutrientes para tener un buen desarrollo en campo y en la transformación que sufre el suelo luego de ser cosechada, siendo el suelo el mayor proveedor de nutrientes para el cultivo. En la corporación Pantaleón – Concepción se tiene un plan de fertilización para todo el ciclo del cultivo en el cual se podría incorporar prácticas de AP.

Actualmente en el mundo se están implementando prácticas de Agricultura de Precisión (AP) que se define como el tipo de agricultura que incrementa el número de decisiones correctas por unidad de área de suelo y de tiempo con beneficios netos asociados. Con esta práctica se pretende incrementar la eficiencia de aplicación de fertilizantes y así también aumentar la productividad del cultivo de la caña de azúcar.

Por esta razón es de vital importancia el muestreo de suelos, para saber el estado actual en que se encuentra la disponibilidad de los nutrientes en éste y así poder suplir las deficiencias que se tienen en el recurso suelo.

3.4.1.2 Objetivos

1. Muestrear los suelos con fines de fertilización en las distintas fincas de producción de la Corporación Pantaleón – Concepción.
2. Realizar los cálculos para la aplicación de fertilizante con GPS.

3.4.1.3 Metodología

Se realizó un muestreo de suelo en cada hectárea de terreno, lo anterior para poder tener datos precisos y certeros del estado actual de la fertilidad del suelo y así poder elaborar mapas de aplicación con mayor precisión. En la figura 7 se muestran los puntos de muestreo de cada hectárea en una de las fincas de la corporación.

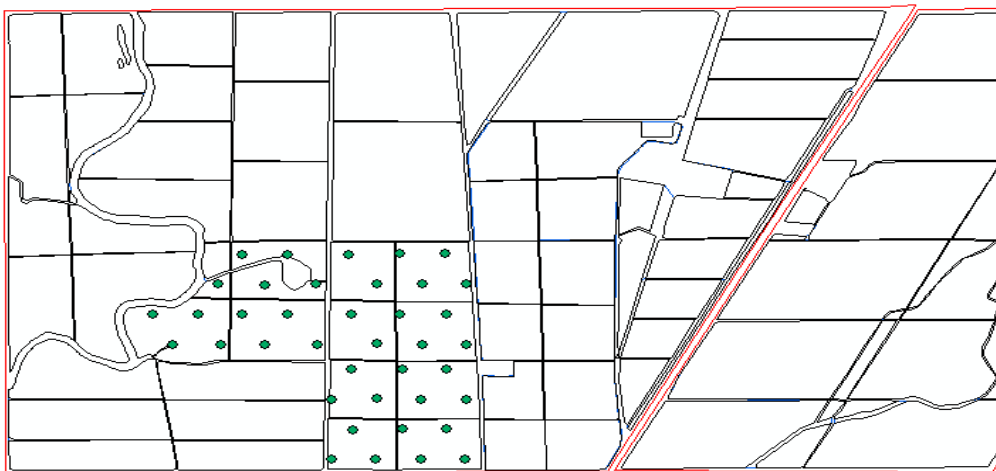


Figura 04. Plano de la finca Las Chuspas, con la ubicación de la beta arenosa y los puntos de cada muestreo

A. Identificación de los puntos de muestreo

Haciendo uso de un mapa a escala de la finca y la ubicación de los puntos de muestreo se identificaron los puntos en campo, para esto se utilizó una regla graduada en centímetros (cm) y tomando medidas en el mapa se convirtió a escala real para la ubicación de cada punto de muestreo.

Se midió la distancia del punto más cercano a la ronda o calle del lote donde se estaba trabajando y a partir de este punto se medía la distancia de los siguientes puntos.

B. Formación de la muestra compuesta

El primer paso para el muestreo fue limpiar el área donde se realizó cada submuestra, para evitar contaminación.

Luego se procedió a obtener cada submuestra, haciendo tres en la mesa del surco y una en cada calle del surco, como se ejemplifica en la figura 8, se colocó cada submuestra en un costal para poder homogenizar las 5 submuestras y de aquí se tomó aproximadamente 1 kilo de suelo para obtener la muestra compuesta.

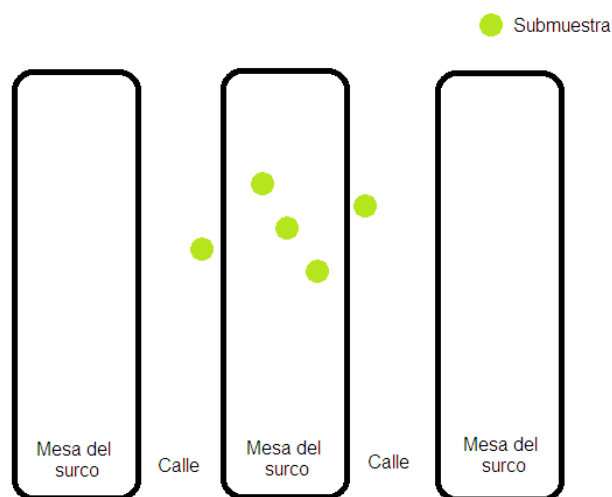


Figura 05. Ejemplificación de la toma de submuestras para la obtención de la muestra compuesta

Cada muestra compuesta se colocó en una bolsa plástica transparente y seguidamente se colocaban en otra bolsa transparente con una etiqueta que se presenta a continuación:

INGENIO PANTALEON - CONCEPCION	
FINCA	
LOTE	
PROFUNDIDAD	
FECHA	
MUESTREADOR	
CODIGO DE MUESTRA	

Cuadro 19. Etiqueta de identificación de cada muestra compuesta

En la Corporación Pantaleón-Concepción cada finca tiene un número de identificación de tres dígitos, al igual que cada lote de cada finca tiene un número de identificación con cuatro dígitos. El código de cada muestra compuesta estuvo formado por el número de finca seguido del número de lote y en paréntesis el número de muestra compuesta.

Se obtuvieron un total de 974 muestras compuestas distribuidas en un área de 975 hectáreas.

3.4.1.4 Evaluación

Al inicio del proyecto de agricultura de precisión se tenía la intención de llegar a muestrear un total de 1500 hectáreas, pero por factores como el tiempo y el costo de estas prácticas, se decidió dejar en un total de 975 hectáreas.

En el cuadro 20 se muestran las fincas y los lotes por finca de las cuales fueron muestreadas, teniendo una columna con el área de cada lote.

Al cultivo de caña de azúcar en la corporación Pantaleón – Concepción se le aplican solamente nitrógeno y potasio. Al tener los resultados del laboratorio se utilizó el siguiente criterio para aplicar la dosis de cada uno de estos elementos:

Nitrógeno:

N (%) 0 - 3 = 80 Kg de N/ha

3 - 5 = 65 Kg de N/ha

>5 = 50 Kg de N/ha

Potasio:

K (ppm) < 50 = 100 Kg de K/ha

50 – 100 = 70 Kg de K/ha

100 – 150 = 50 Kg de K/ha

150 – 200 = 40 Kg de K/ha

> 200 = 0 Kg de K/ha

No. Finca	Lote	Área	Muestreo
671 Chuspas	0102	32.96	Realizado
	0201	26.69	Realizado
	0301	36.96	Realizado
	0302	32.8	Realizado
	0401	25.76	Realizado
	0402	25.52	Realizado
	0602	24.73	Realizado
108 Churubusco	1101	45.53	Realizado
	1102	5.08	Realizado
014 Bonampak	0101	43.06	Realizado
	0102	39.3	Realizado
	0103	36.05	Realizado
	0201	43.9	Realizado
	0202	40.4	Realizado
	0203	36.64	Realizado
	0401	67.2	Pendiente
	0402	26.9	Realizado
113 Para	0201	36.96	Pendiente
	0202	29.01	Pendiente
	0203	11.7	Pendiente
	0401	18.38	Realizado
	0402	17.21	Realizado
	0404	27.55	Realizado
	0405	26.86	Realizado
	0505	23.34	Realizado
	0506	22.75	Realizado
	0507	32.27	Realizado
	0508	30.56	Realizado
132 Anaite	0601	23.64	Realizado
	0603	28.44	Realizado

No. Finca	Lote	Área	Muestreo
112 Agrícola	0601	18.94	Pendiente
	0701	15.24	Pendiente
	0802	13.92	Pendiente
	1001	22.69	Pendiente
	1501	24.73	Pendiente
	1502	22.07	Pendiente
	1503	32.49	Pendiente
	1802	14.05	Pendiente
	1803	18.23	Pendiente
	2401	24.91	Pendiente
	2402	21.22	Pendiente
011 La Presa	2403	19.59	Pendiente
	2503	21.22	Pendiente
	1301	26.66	Realizado
	0302	29.38	Realizado
122 El Portal	0301	10.25	Realizado
	1002	13.89	Realizado
	1004	14.34	Realizado
	1005	33.83	Realizado
123 Limones	1006	32.81	Pendiente
	1101	16.25	Pendiente
	1102	9.61	Pendiente
	1801	11.41	Pendiente
	2501	17.84	Pendiente
	2901	15.38	Pendiente
674 Nueva Providencia	3301	16.64	Pendiente
	0601	3.56	Realizado
	0401	40.59	Realizado
012 La Cuchilla	0202	19.75	Realizado
	0201	10.52	Realizado
	0203	8.79	Realizado

Cuadro 20. Finca y área por lote muestreado con fines de fertilidad

3.4.1.5 Constancia



3.4.2 APLICACIÓN DE FERTILIZANTES CON GPS (FERTILIZACIÓN VARIABLE) COMO METODOLOGÍA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN

3.4.2.1 Definición del problema

El cultivo de caña de azúcar como cualquier otro cultivo necesita de nutrientes para tener un buen desarrollo en campo y en la transformación que sufre luego de ser cosechada. En la corporación Pantaleón – Concepción se tiene un plan de fertilización para todo el ciclo del cultivo, y se están implementando prácticas de agricultura de precisión, para aumentar eficiencias en la producción de caña de azúcar, específicamente en este caso, se está implementando una fertilización con GPS adaptado a tractores. Al momento de implementar la práctica de AP se espera incrementalmente la eficiencia de la aplicación de fertilizantes y así también se aumentará la producción por área del cultivo de la caña de azúcar.

3.4.2.2 Objetivos

1. Elaborar los mapas de necesidad de nutrientes en el software ArcGis y luego convertirlos a mapas para el programa compatible al GPS (Agromapas)
2. Calibrar el equipo de fertilización incluyendo el GPS.
3. Fertilizar con ayuda de un GPS como metodología de agricultura de precisión.

3.4.2.3 Metodología

La elaboración de los mapas de necesidades de nutrientes se realizaron al tener los datos de los muestreos de suelos, y usando los criterios mencionados en el primer servicio, se realizó una interpolación de las necesidades nutrimentales de cada punto de muestreo que se tiene en el ArcGis, que da como resultado un mapa como el que se presenta en la figura 9, en esta figura cada color es una dosis distinta de Potasio que representa una curva de dosis del elemento.

Luego de esto se realiza un suavizado de cada curva de dosis que se obtuvo adecuándolo a un rango más apto para la aplicación como se muestra en la figura 10

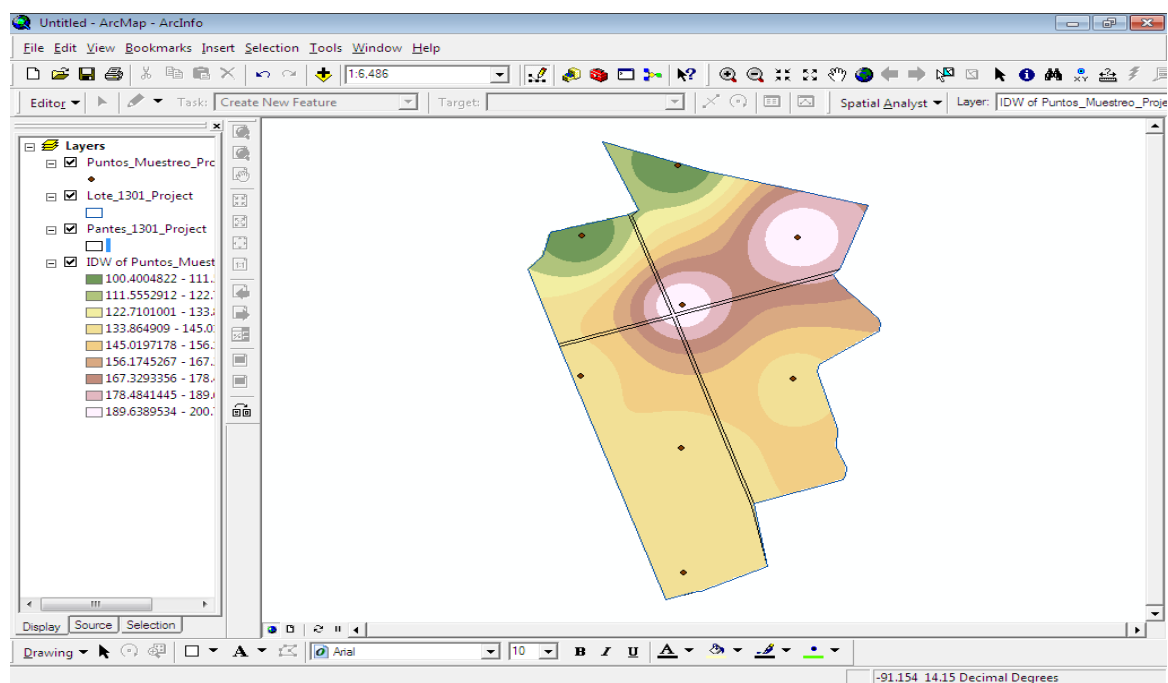


Figura 06. Mapa con interpolación de necesidad de potasio (K) en el lote 1301 de la finca La Presa

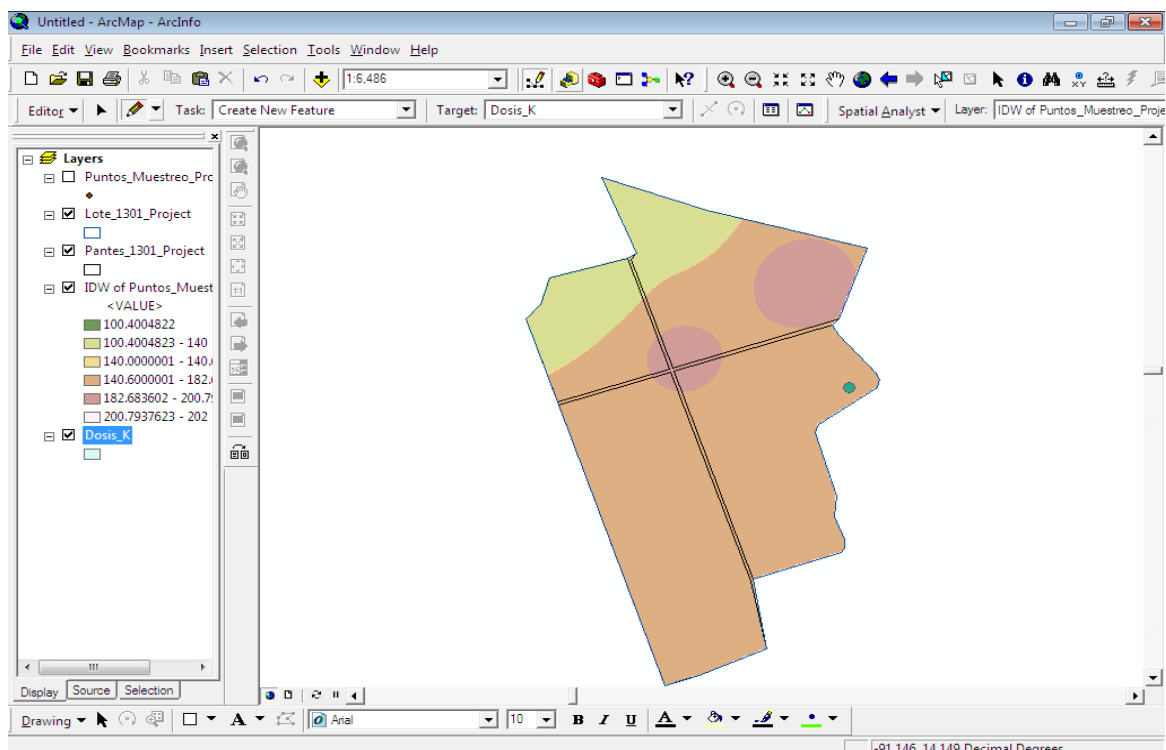


Figura 7. Mapa con las curvas de dosis suavizadas

Al tener elaborado el mapa en el ArcGis, este mismo se trasladó al programa Agromapas, un software creado por la empresa argentina Verión, que es la empresa que provee el GPS que servirá para la aplicación del fertilizante. Estando el mapa en este software se traslada a una memoria USB que se conecta con el GPS y se tiene listo para llevarlo a campo y realizar la aplicación.

El equipo se calibró como la calibración normal de fertilizadora descrita en el servicio anterior agregándole la calibración adecuada del GPS con la dosis calculada para el área de aplicación.

La aplicación del fertilizante con GPS, se realizó como una aplicación normal de fertilizante en las fincas correspondientes, realizándose esta aplicación entre los 45-60 días después de siembra con un riego o humedad residual. La fuente de nitrógeno fue el nitrato de amonio que se aplicó sobre la cepa.

3.4.2.4 Evaluación

La fertilización con GPS se realizó para los elementos Nitrógeno (N) y Potasio (K), utilizando el siguiente criterio según los análisis de suelo que se realizaron:

Nitrógeno:

N (%) 0 - 3 = 80 Kg de N/ha

3 - 5 = 65 Kg de N/ha

>5 = 50 Kg de N/ha

Potasio:

K (ppm) < 50 = 100 Kg de K/ha

50 – 100 = 70 Kg de K/ha

100 – 150 = 50 Kg de K/ha

150 – 200 = 40 Kg de K/ha

> 200 = 0 Kg de K/ha

En el siguiente cuadro se detallan las fincas y lotes a las que se aplicaron fertilización variable con GPS, se realizó un total de 653.13 ha tanto de aplicación de nitrógeno como de potasio.

Cuadro 21. Área con aplicación de fertilización variable con GPS

No. Finca	Lote	Área /has
014 Bonampak	101	43,06
	102	39,3
	103	36,05
	201	43,9
	203	36,64
	401	67,2
	402	26,9
116 Para	401	18,38
	402	17,21
	404	27,55
	405	26,86
	505	23,34
	506	22,75
	507	32,27
	508	30,56
011 La Presa	1301	26,66
	302	29,38
	301	10,25
122 El Portal	1002	13,89
	1004	14,34
	1005	33,83
	1006	32,81
TOTAL		653,13

3.4.3 APLICACIÓN DE HIDROGEL PARA LA RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO COMO UNA PRÁCTICA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN

3.4.3.1 Definición del problema

La caña de azúcar es un cultivo de mucha importancia en muchos países, incluyendo Guatemala. En países como Brasil y Argentina las prácticas de agricultura de precisión se han estado implementando con bastante auge, ya que estos desarrollan nueva tecnología para aumentar y elevar el rendimiento del cultivo de caña de azúcar.

Uno de los factores o procesos de suma importancia para el desarrollo de éste cultivo, es la aplicación efectiva del riego principalmente en los primeros meses, beneficiando a la planta en procesos de desarrollo y crecimiento. En el área administrada por el Ingenio Pantaleón aproximadamente el 23% del área tiene la presencia de vetas arenosas, lo cual es un problema ya que esta clase de suelos por su estructura granulométrica, no retienen igual humedad comparada con otros tipos de suelos. Este problema de retención de humedad puede ser lentamente modificado por medio de prácticas como la aplicación de Hidrogel (Aquaplan o Hidrokeeper), el cual es un producto que se aplica al suelo antes de la siembra, cuya función principal es conservar la humedad en el suelo y así proporcionar humedad continua a la planta.

3.4.3.2 Objetivo

Aplicar Hidrogel al en las fincas con problemas de retención de humedad debido a la presencia de vetas arenosas.

3.4.3.3 Metodología:

La aplicación del hidrogel se realizó de la misma forma como se aplica el fertilizante, por lo que se utilizó un tractor con una fertilizadora o en su defecto una surqueadora con tolvas. La aplicación de este producto se hizo antes de la siembra de la caña, para que este se distribuya bien en el suelo y no quedara mal distribuida.

Se realizó la calibración del equipo para lograr una aplicación de 25 kg por hectárea, cantidad adecuada según investigaciones previas realizadas en la corporación.

A. Calibración de fertilizadora

a. Medición de longitud

La calibración del equipo se inicio con la medición de 100 m de longitud en el terreno.

b. Revoluciones adecuadas para el tractor

Se procedió a llevar el tractor a 1800 revoluciones, que son las revoluciones adecuadas para los tractores al momento de aplicar fertilizantes,

c. Inicio del trabajo del tractor

El tractor inicia trabajar en los 100 m tomando el tiempo que dura en realizar esta distancia.

d. Número de repeticiones

Este procedimiento se realizó 4 veces para obtener un tiempo promedio.

e. Cálculo de descarga de las tolvas y dosis a aplicar

Con este tiempo promedio se realizó la descarga de las tolvas en bolsas plásticas y luego se pesan hasta tener la dosis a aplicar.

3.4.3.4 Evaluación

Se aplicó una dosis de 25 kg/hectárea de hidrogel en las áreas arenosas de cada una de las fincas de la corporación que aparecen en el cuadro 21, en las cuales se llegó a cubrir una extensión de 245 hectáreas repartidas en cuatro fincas pertenecientes a la región centro.

Cuadro 22. Área aplicada con hidrogel en la corporación Pantaleón-Concepción

No. Finca	Nombre de Finca	Lote	Área
113	Para	505	23.34
		506	22.75
		507	32.27
		508	30.56
674	Nueva Providencia	601	3.56
		401	40.59
12	La Cuchilla	202	19.75
		201	10.52
		203	8.79
132	Anaite	601	23.64
		603	28.44
TOTAL			244.21

3.4.3.5 Constancia

